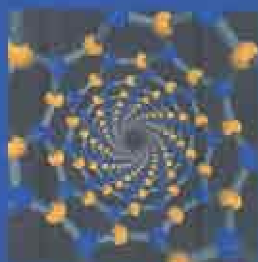
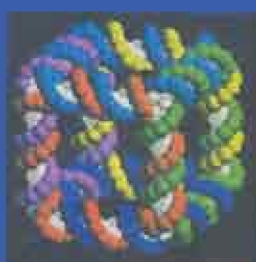
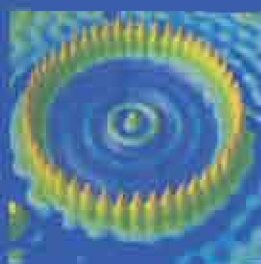
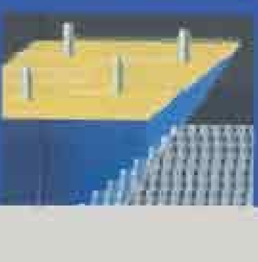
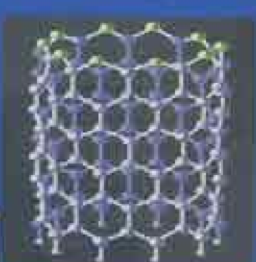
VŨ ĐÌNH CỰ - NGUYỄN XUÂN CHÁNH

CÔNG NGHỆ NANÔ

ĐIỀU KHIỂN ĐẾN TỪNG PHÂN TỬ NGUYÊN TỬ




NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

VŨ ĐÌNH CỰ - NGUYỄN XUÂN CHÁNH

CÔNG NGHỆ NANÔ

ĐIỀU KHIỂN ĐẾN TỪNG PHÂN TỬ, NGUYÊN TỬ



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
Hà Nội - 2004

LỜI NÓI ĐẦU

Bắt đầu từ thập kỷ 80 của thế kỷ trước nền khoa học và công nghệ thế giới đã đặc biệt chú ý tới một hướng nghiên cứu và phát triển đặc biệt kỳ lạ và lý thú mà ngày nay được gọi là ***khoa học và công nghệ nanô***. Tên gọi nanô có ý nghĩa là hướng nghiên cứu này liên quan đến các vật thể, cấu trúc có kích thước khoảng từ 1 đến 100 nanomét, mà một nanomét bằng 1 phần tỷ của mét. Có ba lý do để cho khoa học và công nghệ nanô trở nên cực kỳ hấp dẫn và là một trong các hướng nghiên cứu dẫn đầu hiện nay.

Đây là một lĩnh vực rất mới mẻ vì nó ở biên giới giữa phạm vi ứng dụng của thuyết lượng tử hiện đại và thuyết cổ điển của vật lý học. Xuất hiện nhiều tính chất kỳ lạ của các vật liệu quen thuộc, mà chỉ ở các hệ gồm vài trăm nguyên tử của vật liệu đó mới có.

Bởi vậy muốn ứng dụng vào thực tiễn các tri thức khoa học này phải phát triển công nghệ làm sao có thể điều khiển, sắp đặt vị trí cho từng nguyên tử, phân tử. Ở đây mở ra một chân trời mênh mông cho sự sáng tạo, một sự sáng tạo không quá tốn kém nhưng lợi ích thì rất to lớn.

Thực ra trong tự nhiên vốn đã sẵn có, nếu không muốn nói đó là phần chủ yếu, các vật thể nanô và quá trình nanô. Nhưng vì mắt thường không thấy được nên ta không biết mà chỉ đến bây giờ mới biết. Ngay cơ thể con người bắt đầu từ một tế bào cho đến một người trưởng thành, mọi quá trình đều xảy ra ở dạng quá trình nanô với các loại phân tử có kích thước thang nanomét. Sự sống phát triển trên Trái Đất theo dòng của một ***quá trình tự nhiên*** trong đó các phân tử sinh học với "công nghệ nanô của tự nhiên" có vai trò chủ yếu. Cũng có thể nói rằng việc phát triển ứng dụng khoa học và công nghệ nanô là một bước bắt chước, mô phỏng tự nhiên triệt để nhất, sâu sắc nhất trong lịch sử phát triển của nhân loại.

Cuốn sách này tổng hợp một số tư liệu về khoa học và công nghệ nanô, đang phát triển rất sôi động trên thế giới, nhằm giới thiệu với độc giả một hướng nghiên cứu và phát triển quan trọng có triển vọng to lớn.

Vì khoa học và công nghệ nanô là một hướng nghiên cứu liên ngành ở mức độ cao, mặc dầu vật lý học và sinh học có sự liên quan trực tiếp, nên chắc chắn cuốn sách không đề cập hết được các vấn đề, dù chỉ là các vấn đề chủ yếu và cũng không thể tránh khỏi các thiếu sót. Rất mong độc giả góp ý kiến.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn.

Các tác giả

Chương 1

NGUYÊN TỬ, PHÂN TỬ VÀ CẤU TRÚC NANÔ

Các sự vật, hiện tượng trong tự nhiên vô cùng đa dạng và phức tạp. Qua hàng vạn năm quan sát, chiệm nghiệm, nghiên cứu và thực nghiệm khoa học, loài người phát hiện rằng thế giới tự nhiên cấu tạo bởi các phân tử mà các ***phân tử*** lại cấu tạo bởi các ***nguyên tử***.

Phân tử, nguyên tử là các hạt vô cùng nhỏ bé, mắt thường không nhìn thấy được. Mãi đến gần đây nhờ các loại kính hiển vi đặc biệt mới chụp hình được riêng từng phân tử, nguyên tử.

Trong ***công nghệ nanô*** phải xếp đặt vị trí cho từng phân tử, nguyên tử thành các cấu trúc vật lý có kích thước đặc trưng cỡ ***nanomet*** (sau này gọi tắt là: ***kích cỡ nanô*** hoặc ***thang nanô***). Phải điều khiển được đến từng phân tử, nguyên tử để tạo ra các ***cấu trúc nanô, vật liệu nanô*** có các tính chất theo yêu cầu. Nanomét, ký hiệu nm, có giá trị bằng một phần tỷ của mét ($1/10^9 = 10^{-9}$ m). Tiền tố nanô có gốc Hy Lạp dùng gắn vào trước các đơn vị đo để có đơn vị ước bằng một phần tỷ (ví dụ: nanogam (ký hiệu ng) = 1 phần tỷ của gam; nanô giây = 1 phần tỷ của giây (ký hiệu ns)). Nanomét là một độ dài cực kỳ nhỏ, vào cỡ kích thước của các phân tử, mắt thường không nhìn thấy được, chỉ bằng bề ngang của một vi sợi, khi sợi tóc chẻ ra thành vài nghìn vi sợi (!).

Trong chương này, để sự theo dõi được liên tục, trình bày một số thông tin về nguyên tử, phân tử có liên quan đến các tính chất của các cấu trúc vật lý, với kích thước thang nanomét gọi là ***cấu trúc nanô***.

1.1. NGUYÊN TỬ

1.1.1. NGUYÊN TỬ VÀ THUYẾT LƯỢNG TỬ VỀ NGUYÊN TỬ

Cách nay khoảng 2500 năm, tức là khoảng 500 năm trước công nguyên (TCN), các nhà triết học Hy Lạp cổ đại mà đại diện là Democritus (460 - 371 TCN) đã đưa ra khái niệm ***nguyên tử,*** tiếng Hy Lạp ***Atomos*** là không thể cắt chia được. Đó là vật thể nhỏ bé nhất, viên gạch vật chất xây nên toàn bộ vũ trụ và vì thế vũ trụ là thống nhất. Vật thể nhỏ bé nhất nói trên được gọi là nguyên tử (tiếng Anh là atom). **Thuyết nguyên tử**, xuất hiện từ đó, thường được coi như một giả thuyết, chưa được thực tế chứng minh, trong khoảng hai nghìn năm. Cho đến thế kỷ XVII, nhà vật lý học và hoá học người Anh R. Boyle (1627 - 1691) nghiên cứu chất khí đã đi tới kết luận có các loại hạt (nguyên tử) khác nhau ứng với các nguyên tố khác nhau (còn gọi là các nguyên tố hoá học). Đến đầu thế kỷ XIX nhà hoá học người Anh J. Dalton (1766 - 1844) nghiên cứu thực nghiệm các nguyên tố đi đến kết luận là: mỗi nguyên tố tương ứng với một loại nguyên tử, các nguyên tử của một nguyên tố có cùng khối lượng như nhau, các nguyên tử của các nguyên tố khác nhau thì có khối lượng khác nhau v.v... Như vậy là có nhiều loại nguyên tử. Mãi đến cuối thế kỷ XIX, nhà vật lý người Anh J.J. Thomson nghiên cứu các tia âm cực, khi phóng điện qua chất khí, phát hiện ra ***hạt điện tử mang điện tích âm*** (electron) năm 1897. Sự kiện này chứng tỏ nguyên tử có cấu trúc nội tại và J.J. Thomson đưa ra mô hình nguyên tử như sau. Đó là một hình cầu rất nhỏ, mang điện tích dương dàn đều, trong đó có các hạt điện tử, mang điện tích âm, phân bố để cân bằng điện tích. Mô hình này không đúng vì điện tích dương cũng mang bởi các hạt, như đã phát hiện ra hạt phóng xạ α. Sang đầu thế kỷ XX vào khoảng 1910 E. Rutherford, nhà vật lý Anh gốc New Zealand, chiếu các tia phóng xạ vào các lá vàng và nghiên cứu sự tán xạ của chúng. Kết quả chứng tỏ rằng các nguyên tử vàng nói riêng và nguyên tử nói chung có một ***hạt nhân*** mang điện tích dương (+) và cực nhỏ. Kích thước hạt nhân nhỏ hơn kích thước nguyên tử hàng nghìn lần, có thể mường tượng rằng nếu hạt nhân to như quả bóng đá thì nguyên tử to như sân đá bóng Mỹ Đình.

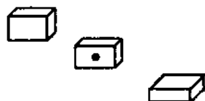
Từ kết quả trên đây Rutherford đưa ra mô hình nguyên tử gồm hạt nhân cực nhỏ mang điện tích dương, còn các điện tử mang điện tích âm chuyển động trên các quỹ đạo quanh hạt nhân như các hành tinh nên được gọi là mẫu

hành tinh. Mô hình cổ điển này không giải thích được sự bền vững của nguyên tử và quang phổ phát xạ của các nguyên tử khi chúng bị kích thích. Niels Bohr nhà vật lý Đan Mạch năm 1913 áp dụng thuyết lượng tử về sự gián đoạn các mức năng lượng vào mẫu nguyên tử có hạt nhân, đưa ra mô hình nguyên tử như sau: ở trung tâm là hạt nhân mang điện dương, xung quanh có các quỹ đạo điện tử (mang điện âm) ứng với các mức năng lượng xác định. Mô hình nguyên tử Bohr đã khắc phục được nhiều khó khăn của mô hình nguyên tử hành tinh, nhưng mới chỉ là bán lượng tử, chưa phản ảnh được đầy đủ các đặc thù của các hạt vi mô.

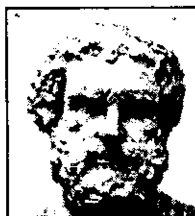
Đến những năm 20 và 30 của thế kỷ XX, thuyết lượng tử hiện đại được xây dựng trên cơ sở những kết quả thực nghiệm về các đặc tính của các hạt vi mô. Có thể nói gọn, theo thuyết lượng tử và được thực tế kiểm nghiệm, thì nhận thức về nguyên tử hiện nay như sau:

a. Có ***khoảng chín chục loại nguyên tử trong tự nhiên***, kể cả trên Trái đất và trong Vũ trụ. Ngoài ra, theo chiều khối lượng lớn hơn các nguyên tử tự nhiên, còn chế tạo được trong phòng thí nghiệm hơn ***hai chục nguyên tử nhân tạo***, nhưng số này rất không ổn định và chóng phân rã, có khi chỉ tồn tại được vài phần nghìn của giây (đồng hồ). Mỗi nguyên tử đều có ***hạt nhân mang điện dương (+)*** ở đây tập trung hầu hết khối lượng của nguyên tử. Xung quanh hạt nhân có các điện tử mang điện âm (-) chuyển động, tạo thành ***lớp vỏ điện tử*** với số điện tử sao cho tổng điện tích âm của chúng bằng về giá trị nhưng ngược dấu với điện tích của nhân, nghĩa là nguyên tử trung hòa về điện.

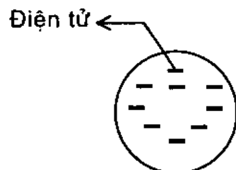
b. ***Hạt nhân*** có đường kính rất nhỏ khoảng 10^{-13}m (tức là một phần mười của một phần triệu của một phần triệu của mét). Hạt nhân cấu tạo bởi hai loại hạt: hạt proton mang điện tích dương (+e) và có khối lượng gấp 1836 lần khối lượng của điện tử; hạt nơtron là hạt không mang điện có khối lượng xấp xỉ khối lượng của hạt proton. Vì các hạt proton mang điện cùng dấu nên đẩy nhau, do đó phải có các hạt trung hòa nơtron làm môi giới liên kết chúng lại với nhau, thành hạt nhân, bằng ***lực liên kết hạt nhân*** cực lớn. Do đó năng lượng hạt nhân là "khổng lồ".



Mô hình nguyên tử
thời cổ đại Hy Lạp
400 năm TCN



Democritus

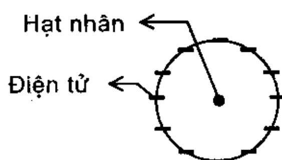


Mô hình nguyên tử
thế kỷ 19

J.J Thomson

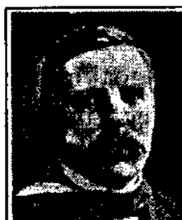


J.J. Thomson

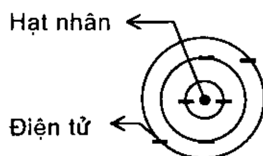


Mô hình nguyên tử
hành tinh đầu thế kỷ
20

E. Rutherford



E. Rutherford

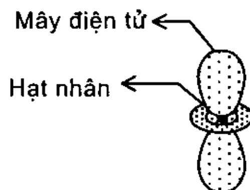


Mô hình nguyên tử
bán lượng tử

N. Bohr



N. Bohr



Mô hình nguyên tử
theo thuyết lượng tử
hiện đại



E. Schrödinger

Hình 1.1: **Các mô hình nguyên tử**

c. Vỏ điện tử của nguyên tử có nhiều lớp, lớp ngoài cùng có đường kính cỡ 10^{-10}m (cũng là đường kính của nguyên tử). Mỗi lớp vỏ có một số điện tử, nhưng tổng số điện tử của tất cả các lớp bằng tổng số proton của hạt nhân để trung hòa về điện. Trong mỗi lớp, các điện tử chuyển động theo "***mây điện tử***" ứng với một mức năng lượng xác định. Gọi là mây điện tử chỉ là cách minh họa gần đúng thôi, vì điện tử không chuyển động theo quỹ đạo như hành tinh chuyển động quanh mặt trời, mà theo các "hàm sóng". Các "mây điện tử" này có thể xác định được theo thuyết lượng tử, cụ thể là theo nghiệm của phương trình do một nhà vật lý người Áo E. Schrödinger xây dựng nên năm 1925.

Diễn biến nhận thức về nguyên tử của loài người, theo dòng lịch sử, từ thời cổ đại đến nay, được phác họa trên hình vẽ 1.1.

Cũng đáng chú ý rằng ở phương Đông nhận thức về vũ trụ và cấu tạo của vật chất mới chỉ dừng lại ở những tư duy khái quát về âm dương, ngũ hành hướng về hệ thống lớn của trời - đất mà thiếu tư duy phân tích theo chiều sâu, nhất là thiếu sự phát hiện chân lý bằng kiểm nghiệm đối với thực tế. Do đó không tránh khỏi dẫn đến bế tắc, không phát triển mà lại rơi vào siêu hình và thần bí.

Bảng 1.1 dưới đây cho các giá trị điện tích, khối lượng của các hạt điện tử, proton, nơtron theo hệ quốc tế SI và theo ***hệ đơn vị nguyên tử (au)*** (atomic unit). Chú ý rằng 1 đơn vị khối lượng trong hệ au bằng $1,673.10^{-27}$kg, 1 đơn vị điện tích trong hệ au bằng $1,60206.10^{-19}$C (culông).

Bảng 1.1. Các số liệu của các hạt cấu tạo nguyên tử

	Hệ SI		Hệ au	
Hạt	Khối lượng	Điện tích	Khối lượng	Điện tích
Điện tử	$9,110.10^{-31}$kg	$-1,60206.10^{-19}$C	$5,45.10^{-4}$	-1
Proton	$1,673.10^{-27}$kg	$+1,60206.10^{-19}$C	1	+1
Nơtron	$1,675.10^{-27}$kg	0	1	0

Ngoài khối lượng, điện tích, các hạt vi mô nói chung đều có một tính chất đặc trưng diễn tả bằng một đại lượng gọi là spin. Tiếng Anh spin có nghĩa là quay, nên dùng từ này để đặt tên cho đại lượng nói trên vì nó có giá trị như momen quay (trong cơ học cổ điển). Tuy nhiên điều đó không có nghĩa là các hạt vi mô tự quay quanh nó theo nghĩa cổ điển mà đó chỉ là một dạng vận động nội tại của hạt vi mô. Các hạt điện tử, proton, nơtron đều có mômen spin

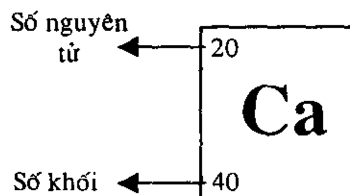
bằng 1/2.h/2π; trong đó hằng số Plăng có giá trị $h = 6{,}62517.10^{-34}$ j.s. Nếu chọn (h/2π) = ħ làm đơn vị thì số đo đó gọi là số spin của hạt vi mô. Ta thấy các hạt điện tử, proton, nơtron đều có số spin bằng 1/2. Tính chất spin của các hạt vi mô rất quan trọng vì chúng làm cho các hạt vi mô có từ tính, mỗi hạt giống như một nam châm cực nhỏ và rất nhiều công nghệ cao dựa trên tính chất này, thậm chí trong công nghệ nanô hình thành một hướng công nghệ gọi là kỹ thuật điện tử spin (spintronics). Từ tính của các hạt proton cũng tạo ra ***mômen từ của các hạt nhân*** nguyên tử. Dao động cộng hưởng của các mômen từ hạt nhân đã cho ta một công cụ y tế tuyệt vời để hiện hình các bộ phận trong cơ thể, đặc biệt là não (MRI - Magnetic Resonance Imaging).

1.1.2. BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ

Mỗi nguyên tố hoá học ứng với một loại nguyên tử, bởi vậy người ta thường dùng ký hiệu của nguyên tử để chỉ một nguyên tố hoá học. Mỗi loại nguyên tử có một tên quốc tế bằng từ la tinh, mỗi nước lại đặt tên cho loại nguyên tử đó theo ngôn ngữ nước mình và cố sao cho giống với tên quốc tế. Từ tên quốc tế người ta định ra ký hiệu quốc tế cho nguyên tử.

Ví dụ: nguyên tố nhẹ nhất có ***tên quốc tế*** là hydrogenium ***có ký hiệu quốc tế*** là H, tên tiếng Việt của nó là hydro (đọc là hi - đơ - rô).

Bên cạnh ký hiệu thường ghi một số giá trị của các tính chất vật lý của nguyên tử. Vì số proton trong hạt nhân bằng với số điện tử ở lớp vỏ nguyên tử, nên đó là số đặc trưng rất quan trọng của nguyên tử thường gọi là số hiệu nguyên tử, hoặc gọi tắt là ***số nguyên tử*** và ký hiệu là A. Trong hạt nhân ngoài số proton còn có số nơtron, tổng của chúng quyết định khối lượng của nguyên tử nên tổng của số proton (A) và số nơtron (N) được gọi là ***số khối*** (M) của nguyên tử M = A + N.



Hình 1.2: **Cách biểu diễn thông thường ký hiệu nguyên tử của nguyên tố hoá học.**

Hình 1.2 trình bày một thí dụ về cách ký hiệu nguyên tử ứng với một nguyên tố hoá học (canxi).

Cũng có khi chỉ ghi số nguyên tử.

Bảng 1.2a.

	Tên quốc tế	Ký hiệu quốc tế	Tên tiếng Việt			Tên quốc tế	Ký hiệu quốc tế	Tên tiếng Việt
Chu kỳ 1	Hydrogenium	^{1}H	Hyđro		Chu kỳ 5	Rubidium	^{37}Rb	Rubiđi
	Helium	^{2}He	Heli			Strontium	^{38}Sr	Stronti
Chu kỳ 2	Lithium	^{3}Li	Liti			Yttrium	^{39}Y	Ytri
	Beryllium	^{4}Be	Berili			Zirconium	^{40}Zr	Ziriconi
	Borum	^{5}B	Bo			Niobium	^{41}Nb	Niobi
	Carboneum	^{6}C	Cacbon			Molybdaenum	^{42}Mo	Molipđen
	Nitrogenium	^{7}N	Nitơ			Technetium	^{43}Tc	Tecneti
	Oxygenium	^{8}O	Oxy			Ruthenium	^{44}Ru	Ruteni
	Fluorum	^{9}F	Flo			Rhodium	^{45}Rh	Rođi
	Neon	^{10}Ne	Neon			Palladium	^{46}Pd	Palađi
Chu kỳ 3	Natrium	^{11}Na	Natri			Argentum	^{47}Ag	Bạc
	Magnesium	^{12}Mg	Magiê			Cadmium	^{48}Cd	Cađimi
	Aluminium	^{13}Al	Nhôm			Indium	^{49}In	Inđi
	Silicium	^{14}Si	Silic			Stannum	^{50}Sn	Thiếc
	Phosphorus	^{15}P	Photpho			Stibium	^{51}Sb	Antimon
	Sulfur	^{16}S	Lưu huỳnh			Tellurium	^{52}Te	Telu
	Chlorum	^{17}Cl	Clo			Iodium	^{53}I	Iot
	Argon	^{18} Ar	Acgon			Xenon	^{54}Xe	Xenon
Chu kỳ 4	Kalium	^{19}K	Kali		Chu kỳ 6	Caesium	^{55}Cs	Xesi
	Calcium	^{20}Ca	Canxi			Barium	^{56}Ba	Bari
	Scandium	^{21}Sc	Scanđi			Lanthanium	^{57}La	Lantan
	Titanium	^{22}Ti	Titan			Cerium	^{58}Ce	Xeri
	Vanadium	^{23}V	Vanađi			Praseodymium	^{59}Pr	Praseođim
	Chromium	^{24}Cr	Crom			Neodymium	^{60}Nd	Neođim
	Manganum	^{25}Mn	Mangan			Promethium	^{61}Pm	Prometi
	Ferrum	^{26}Fe	Sắt			Samarium	^{62}Sm	Samari
	Cobaltum	^{27}Co	Coban			Europium	^{63}Eu	Europi
	Niccolum	^{28}Ni	Kền, Niken			Gadolinium	^{64}Gd	Gađoli
	Cuprum	^{29}Cu	Đồng			Terbium	^{65}Tb	Tecbi
	Zincum	^{30}Zn	Kẽm			Dysprosium	^{66}Dy	Điprosi
	Gallium	^{31}Ga	Gali			Holmium	^{67}Ho	Honmi
	Germanium	^{32}Ge	Gecmani			Erbium	^{68}Er	Eribi
	Arsenicum	^{33}As	Asen			Thulium	^{69}Tm	Tuli
	Selenium	^{34}Se	Selen			Ytterbium	^{70}Tb	Ytecbi
	Bromium	^{35}Br	Brom			Lutetium	^{71}Lu	Luteti
	Krypton	^{36}Kr	Kripton			Hafnium	^{72}Hf	Hafini

	Tên quốc tế	Ký hiệu quốc tế	Tên tiếng Việt			Tên quốc tế	Ký hiệu quốc tế	Tên tiếng Việt
	Tantalum	^{73}Ta	Tantan			Curium	^{96}Cm	Curi
	Wolframium	^{74}W	Vonfram			Berkelium	^{97}Bk	Beckeli
	Rhenium	^{75}Re	Reni			Californium	^{98}Cf	Califoni
	Osmium	^{76}Os	Osimi			Einsteinium	^{99}Fs	Ensteni
	Iridium	^{77}Ir	Iriđi			Fermium	^{100}Fm	Fecmi
	Platinium	^{78}Pt	Platin, Bạch kim			Mendelevium	^{101}Md	Menđelevi
	Aurum	^{79}Au	Vàng			Nobelium	^{102}No	Nobeli
	Hydrargyrum	^{80}Hg	Thủy ngân			Laurencium	^{103}Lr	Lorenxi
	Thallium	^{81}Tl	Tali			Rutherfordium	^{104}Rf	Ruđơfođi
	Plumbum	^{82}Pb	Chì			Dubnium	^{105}Db	Đupni
	Bismuthum	^{83}Bi	Bitmut			Seaborgium	^{106}Sg	Sibogi
	Polonium	^{84}Po	Poloni			Bohrium	^{107}Bh	Bori
	Astatium	^{85}At	Atatin			Hassium	^{108}Hs	Hasi
	Radon	^{86}Rn	Rađon			Meitnerium	^{109}Mt	Meineri
Chu kỳ 7	Francium	^{87}Fr	Franxi			Darmstadtium	^{110}Ds	Đamtati
	Radium	^{88}Ra	Rađi			Ununumium	^{111}Uuu	đã tổng hợp
	Actinium	^{89}Ac	Actini			Ununbium	^{112}Uub	-
	Thorium	^{90}Th	Thori			Ununtrium	^{113}Uut	-
	Protactinium	^{91}Pa	Protactini			Ununquadium	^{114}Uuq	-
	Uranium	^{92}U	Urani			Ununpentium	^{115}Uup	-
	Neptunium	^{93}Np	Neptuni			Ununhexium	^{116}Uuh	-
	Plutonium	^{94}Pu	Plutoni			Ununseptium	^{117}Uus	chưa tổng hợp
	Americium	^{95}Am	Amerixi			Ununoctium	^{118}Uuo	-

Trong tự nhiên một nguyên tố có thể có vài dạng khác nhau chỉ về số khối, ta gọi chúng là ***đồng vị*** của nhau, ví dụ hydro có ba đồng vị là ^1_1H, ^1_2H, ^1_3H (^1_2H còn gọi là đơtơri, ^1_3H còn gọi là triti). Ngoài ***đồng vị tự nhiên***, khi bị bắn phá bằng hạt nơtron, còn có thể xuất hiện ***đồng vị phóng xạ*** vì đồng vị này chỉ tồn tại một thời gian rồi sau đó bị phân rã.

Bảng 1.2a ghi danh mục các nguyên tử theo thứ tự số nguyên tử từ nhỏ đến lớn, có tên quốc tế, ký hiệu quốc tế và tên tiếng Việt.

Nhà hoá học Nga Menđeleev (1834 - 1907) khám phá ra các quy luật tuần hoàn của các nguyên tố hoá học. Sau này nhờ thuyết lượng tử các quy luật tuần hoàn đó được giải thích bằng cấu trúc của sự điền đầy các điện tử vào các lớp vỏ của nguyên tử, có tính tuần hoàn.

Trên bảng 1.2b khi sắp xếp các nguyên tử theo số nguyên tử, sẽ thấy có 7 chu kỳ, mỗi chu kỳ đều bắt đầu bằng nguyên tử có lớp vỏ ngoài cùng mới chỉ có một điện tử điền vào (nghiã là còn thiếu) và chấm dứt bằng nguyên tử khí

trơ (acgon, neon...) có lớp vỏ điện tử ngoài cùng đã điền đầy 8 điện tử. Có tất cả 7 chu kỳ trình bày ở bảng 1, trong đó các chu kỳ 1, 2, 3 là các chu kỳ ngắn; các chu kỳ 4, 5 là các chu kỳ trung bình; các chu kỳ 6, 7 là các chu kỳ dài. Đặc biệt chu kỳ 7 gồm các nguyên tố phóng xạ, trong đó các nguyên tử có số hiệu từ 93 đến 100 là được chế tạo trong lò phản ứng hạt nhân, các nguyên tử từ sau số 100 (nguyên tố Fecmi) được chế tạo bằng các máy gia tốc bởi ba phòng thí nghiệm Dubna (Nga), Berkeley (Mỹ) và Darmstadt (Đức). Nguyên tố số 104 có sự tranh chấp về đặt tên suốt 20 năm, Nga đầu tiên chế tạo ra đặt tên là Kurchatovium còn Mỹ thì đề nghị là Rutherfordium. Mãi đến 1997 với sự điều đình của ***Liên hiệp quốc tế về Vật lý học cơ bản và thực nghiệm*** các bên mới thỏa thuận nguyên tố 104 đặt tên quốc tế là Rutherfordium và đổi lại nguyên tố 105 thì đặt tên quốc tế là Dubnium. Các nguyên tố 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118 đã phát hiện trong phòng thí nghiệm nhưng chưa đặt tên chính thức, nguyên tố 115 mới phát hiện ở Dubna và công bố 2-2-2004 (nguyên tố 117 chưa phát hiện ra) nhưng tạm đặt tên latinh theo số hiệu (thí dụ unununium nghĩa là nguyên tố một một một - 111).

Các tính chất vật lý, hoá học của nguyên tử thường có liên quan với cấu hình của các lớp vỏ điện tử, nhất là tính chất hoá học có liên quan đến vài lớp vỏ điện tử ngoài cùng. Vì vậy tính chất tuần hoàn của các nguyên tố thể hiện rất rõ ở chỗ các nguyên tử có các lớp vỏ ngoài cùng giống nhau thì có tính chất hoá học tương đối giống nhau. Những nguyên tử như vậy thuộc các chu kỳ khác nhau họp lại thành từng nhóm. Có tất cả 8 nhóm A và 8 nhóm B.

Kết hợp tuần hoàn theo chu kỳ và theo nhóm, bảng tuần hoàn các nguyên tố trình bày như trên bảng 1.2b với 7 chu kỳ và 16 nhóm. Dạng bảng này chỉ là một trong rất nhiều dạng khác nhau trình bày tính tuần hoàn nhiều mặt của các nguyên tố. Phân tích về tính chất hoá học các nguyên tố trình bày bằng bảng tuần hoàn thuộc phạm vi của ngành hoá học chuyên sâu.

Trong các nguyên tố tự nhiên ở điều kiện thông thường (t = 20^0C, áp suất bằng 1atm) có 11 chất là khí, 2 là lỏng (thủy ngân, brom), số còn lại ở thể rắn. Các nguyên tử có số nguyên tử từ 84 trở lên đều có tính phóng xạ. Nói chung khi số nguyên tử càng lớn thì tính bền vững của nguyên tử càng thấp. Nguyên tố tecneti (Te) cũng là nguyên tố ban đầu được chế tạo ở trong lò hạt nhân, nhưng sau phát hiện được các lượng rất nhỏ (vết) ở trong tự nhiên, nó cũng có tính phóng xạ. Khi phân rã và phát ra các tia phóng xạ, thường có ba loại hạt được phóng ra như ở bảng 1.2c.

Bảng 1.2b. Bảng tuần hoàn các nguyên tố
(ở đây số nguyên tử đặt trên ký hiệu)

Nhóm	1	2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Chu kỳ																		VII A	VIII A
1	IA	II A												III A	IV A	V A	VI A	1 H	2 He
2	3 Li	4 Be												5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg		III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B			I B	II B	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca		21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr		39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Uuu	112 Uub	113 Uut	114 Uuq	115 Uup	116 Uuh	117 Uus	118 Uuo
Nhóm Lantanoit			*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
Nhóm Actinoit			**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

*Bảng 1.2c: **Bức xạ của hạt nhân nguyên tử***

Bức xạ	Ký hiệu	Khối (au)	Điện tích (au)	Bản chất
Alpha	α	4	+2	Hạt nhân ${}^{2}_{4}H$
Beta	β	1/1837	-1	Hạt điện tử
Gamma	γ	0	0	Photon (quang tử)

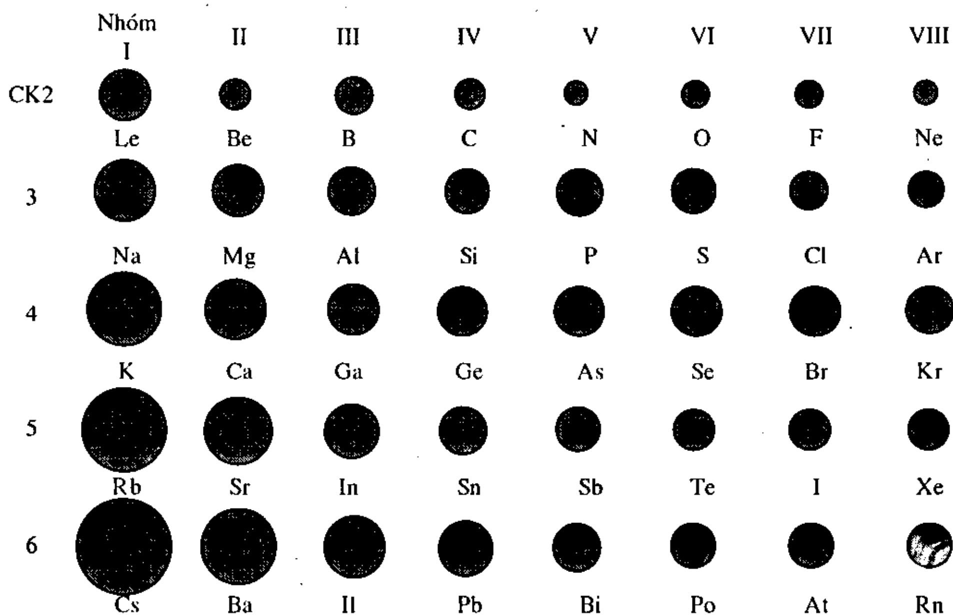
Các nguyên tử khi bị kích thích (ví dụ: bằng cách chiếu các chùm tia bức xạ, phóng điện v.v...) thì các điện tử lớp vỏ có thể hấp thụ năng lượng kích thích để dời từ mức năng lượng thấp lên mức năng lượng cao. Sau đó chúng lại tự phát dời ngược trở lại từ cao xuống thấp và phát xạ ra bức xạ điện từ có bước sóng λ xác định. Vì mỗi nguyên tử có một cấu hình điện tử riêng nên khi phát xạ cũng phát ra các bức xạ ứng với một tập hợp các bước sóng (λ_1, λ_2... λ_n) xác định, đặc trưng riêng cho từng nguyên tử. Bức xạ của các nguyên tử do đó có một ***quang phổ*** đặc trưng được ghi bằng một ***hệ vạch*** trong máy quang phổ. Có thể xem quang phổ như "mã vạch" để nhận dạng nguyên tử. Chỉ cần ghi được quang phổ của các thiên thể ở cách Trái đất rất xa, ta có thể biết trên thiên thể đó có các nguyên tố hoá học nào. Quang phổ nguyên tử là một trong các yếu tố quan trọng để phát triển công nghệ nanô.

1.1.3. KÍCH THƯỚC NGUYÊN TỬ VÀ LỰC TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC NGUYÊN TỬ

Theo mẫu lượng tử về nguyên tử, ta quan niệm nguyên tử như một vật thể rất nhỏ hình cầu ở giữa là hạt nhân và xung quanh có các lớp vỏ điện tử. Vì tính chất vừa là sóng vừa là hạt nên lớp vỏ điện tử ngoài cùng được minh họa như một đám mây, do đó không thể quan niệm nguyên tử như một hạt hình cầu cổ điển với một bán kính r xác định. Bán kính r này phụ thuộc vào các điều kiện vật lý của môi trường xung quanh. Người ta quy ước bán kính r_A của một nguyên tử là một nửa (1/2) khoảng cách hạt nhân của hai nguyên tử cùng loại liên kết đồng hoá trị với nhau trong một phân tử gồm hai nguyên tử đó, hoặc trong một thể đông đặc gồm các nguyên tử cùng loại đó (kim loại, tinh thể v.v...). Vì khoảng cách giữa hai hạt nhân nói trên có thể đo được chính xác, do đó người ta đã xác định được r_A của các nguyên tử. Tất nhiên từ lý thuyết lượng tử cũng có thể tính được giá trị lý thuyết của r_A. Bảng 1.3 cho giá trị bán kính của nguyên tử theo bảng tuần hoàn các nguyên tố (một phần). Ở dưới ký hiệu nguyên tử có hai con số, con số hàng trên là giá trị bán kính nguyên tử tính theo thuyết lượng tử, con số hàng dưới là giá trị đo được hoặc theo liên kết đồng hoá trị (khung 1) hoặc theo liên kết trong thể rắn. Các nguyên tử khí trơ

(từ He đến Rn - khung 2) không thể có liên kết đồng hoá trị, chỉ có lực tương tác Van der Waals trong dạng tinh thể ở nhiệt độ rất thấp và là liên kết yếu, do đó bán kính đo được lớn hơn nhiều so với giá trị lý thuyết. Chú ý rằng kết quả đo có thể khác nhau ở các tài liệu khác nhau vì những lí do đã nói ở trên. Tuy nhiên chúng ta thấy các sự kiện sau đây là thống nhất: trong một chu kỳ theo bảng tuần hoàn (theo chiều ngang) thì bán kính nguyên tử ***giảm từ đầu chu kỳ xuống cuối chu kỳ***; trong một nhóm thì bán kính nguyên tử ***tăng từ đầu nhóm xuống cuối nhóm*** (đi từ trên xuống). Hình vẽ 1.3 minh họa xu hướng này.

Theo kết quả tính cũng như đo thì nguyên tử của nguyên tố Xesi (^{55}Cs) có bán kính lớn nhất. Có một câu hỏi đặt ra là: khi số nguyên tử lớn thì số proton và điện tử cũng lớn, do đó bán kính nguyên tử phải lớn lên theo số nguyên tử. Sự thực không phải như vậy, ở đây có hai yếu tố tác động ngược nhau: một mặt số proton hạt nhân tăng gây lực hút mạnh lên điện tử làm cho quỹ đạo điện tử nhỏ lại, mặt khác khi các điện tử lớn thì số điện tử của các lớp vỏ trong "che chắn" hạt nhân làm trung hòa bớt điện tích của hạt nhân. Căn cứ vào các điều kiện này có thể giải thích các sự kiện nói trên về bán kính nguyên tử.



Hình 1.3: **Minh họa sự giảm r_A theo chu kỳ (từ trái sang phải) và tăng r_A theo nhóm (từ trên xuống dưới)**

Bảng 1.3. Giá trị bán kính các nguyên tử

Đơn vị đo: 1 Angstrom kí hiệu Å

1Å = 10^{-10}m = 0,1nm

Khung

																^{1}H	^{2}He
																0,79	0,49
																0,37	1,22
^{3}Li	^{4}Be											^{5}B	^{6}C	^{7}N	^{8}O	^{9}F	^{10}Ne
2,05	1,40											1,17	0,91	0,75	0,65	0,57	0,51
1,52	1,12											0,88	0,77	0,70	0,66	0,64	1,60
^{11}Na	^{12}Mg											^{13}Al	^{14}Si	^{15}P	^{16}S	^{17}Cl	^{18}Ar
2,23	1,72											1,82	1,46	1,23	1,09	0,97	0,88
1,86	1,60											1,43	1,17	1,10	1,04	0,99	1,92
^{15}K	^{20}Ca	^{21}Sc	^{22}Ti	^{23}V	^{24}Cr	^{25}Mn	^{26}Fe	^{27}Co	^{28}Ni	^{29}Cu	^{30}Zn	^{31}Ga	^{32}Ge	^{33}As	^{34}Se	^{35}Br	^{36}Kr
2,72	2,23	2,09	2,00	1,92	1,85	1,79	1,72	1,67	1,62	1,57	1,53	1,81	1,52	1,33	1,22	1,12	1,03
2,31	1,97	1,60	1,46	1,31	1,25	1,29	1,26	1,25	1,24	1,28	1,33	1,22	1,22	1,21	1,17	1,14	1,97
^{37}Rb	^{38}Sr	^{39}Y	^{40}Zr	^{41}Nb	^{42}Mo	^{43}Tc	^{44}Ru	^{45}Rh	^{46}Pd	^{47}Ag	^{48}Cd	^{49}In	^{50}Sn	^{51}Sb	^{52}Te	^{53}I	^{54}Xe
2,98	2,45	2,27	2,16	2,08	2,01	1,95	1,89	1,83	1,79	1,75	1,71	2,00	1,72	1,53	1,42	1,32	1,24
2,44	2,15	1,80	1,57	1,41	1,18	1,3	1,33	1,34	1,38	1,44	1,49	1,62	1,40	1,41	1,37	1,33	2,17
^{55}Cs	^{56}Ba	^{57}La	^{72}Hf	^{73}Ta	^{74}W	^{75}Re	^{76}Os	^{77}Ir	^{79}Pt	^{79}Au	^{80}Hg	^{81}Tl	^{82}Pb	^{83}Bi	^{84}Po	^{85}At	^{86}Rn
3,34	2,78	2,74	2,16	2,09	2,02	1,97	1,92	1,87	1,83	1,79	1,76	2,08	1,81	1,63	1,53	1,43	1,34
2,62	2,17	1,88	1,57	1,43	1,37	1,37	1,34	1,35	1,38	1,44	1,52	1,71	1,75	1,46	1,40	1,4	-
^{87}Fr	^{88}Ra	^{89}Ac															
-	-	-															Khung
-	2,20	2,20															2

Các kết quả trên đây cho thấy nguyên tử có kích thước rất nhỏ, nguyên ^{55}Cs có bán kính lớn nhất bằng 2,62Å, bởi vậy để "chụp hình" các nguyên tử phải dùng các chùm bức xạ có bước sóng nhỏ hơn 0,01Å. Nếu dùng kính hiển vi điện tử thì phải có điện thế gia tốc chùm hạt điện tử khoảng trên 100kV. Ngày nay dùng kính hiển vi tunen, thuận tiện hơn nhiều (xem chương quan sát và thao tác nanô trong cuốn sách này). Hình 1.4 dưới đây cho thấy các nguyên tử côban trên một đế bằng đồng chụp bằng hiển vi tunen (STM) bởi cơ quan tiêu chuẩn Mỹ (NIST). Trên hình này các chấm to ứng với một cặp nguyên tử Co, chấm nhỏ ứng với một đơn nguyên tử Co, các vân sóng là hình biểu diễn tương tác của các điện tử thuộc các nguyên tử Co với các điện tử thuộc các nguyên tử đồng (Cu) của đế.



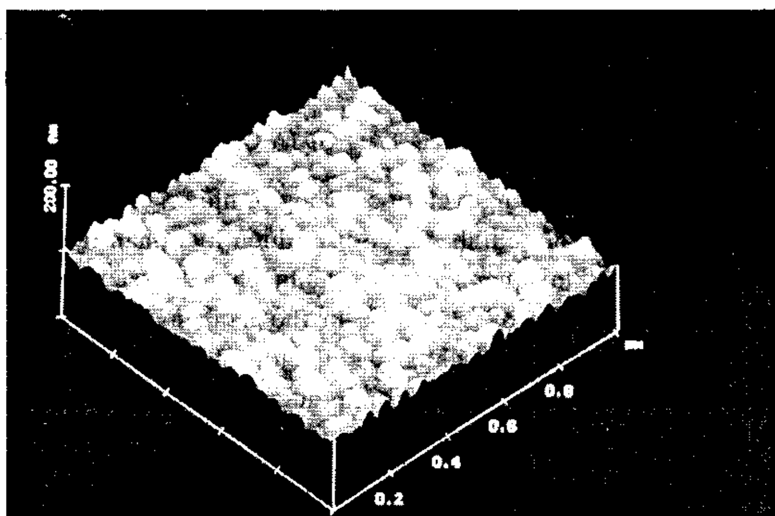
Hình 1.4: **Ảnh STM của các nguyên tử Co trên đế đồng**

Kích thước nguyên tử có ảnh hưởng quan trọng đến tương tác giữa các nguyên tử mà sự tương tác này lại quyết định nhiều bước trong các quá trình chế tạo vật liệu nanô. Dưới đây nói chủ yếu đến lực tương tác giữa các nguyên tử cạnh nhau trong thể rắn. Lực tương tác giữa chúng trong thể lỏng và khí thì cũng giống như tương tác van der Waals giữa các phân tử, nói ở phần sau.

Bài toán về lực tương tác giữa một nguyên tử với các nguyên tử xung quanh thuộc vào bài toán N - vật là loại bài toán không thể giải được trong

trường hợp chung mà chỉ có thể giải gần đúng trong một số trường hợp riêng. Vì nguyên tử có hạt nhân và vỏ điện tử gồm nhiều lớp, nên sự tương tác giữa các nguyên tử bao gồm: sự đẩy nhau giữa các hạt nhân mang điện tích dương, sự đẩy nhau giữa các điện tử mang điện tích âm, sự hút nhau giữa các hạt nhân với tất cả các điện tử. Áp dụng thuyết lượng tử để tính lực tương tác giữa các nguyên tử, do đó chỉ có thể thực hiện dựa trên các phép gần đúng và trong trường hợp đơn giản.

Trong trường hợp các chất rắn thì có thể xét gần đúng quá trình tương tác giữa các nguyên tử. Vì là chất rắn nên mỗi nguyên tử đều có một vị trí trung bình xác định, nhưng do chuyển động nhiệt nên nguyên tử dao động xung quanh vị trí trung bình đó theo cả ba chiều của không gian. Tùy theo nhiệt độ của vật, tần số dao động ω của các nguyên tử có thể thay đổi và thuộc vào một dải tần số xác định. Nói chung ở nhiệt độ thông thường thì tần số dao động trung bình của các nguyên tử thuộc dải 10^{13}Hz. Từ đây có thể tính được ***lực kéo về*** vị trí cân bằng khi nguyên tử dời khỏi nó tương tự như một lò xo có hệ số đàn hồi bằng 10 niutơn/ mét, nghĩa là đủ để sử dụng vào thao tác trên từng nguyên tử của công nghệ nanô.



Hình 1.5: **Chiết hình mặt ngoài của một màng kim loại chụp bởi nanoscope của PTN vi điện tử ĐH Bách Khoa Hà Nội, độ phân giải < nm**

Khi thao tác nanô trên các nguyên tử thường cho chúng di động trên các giá đế, ví dụ trên hình 1.4 là các nguyên tử côban trên một đế đồng. Các nguyên tử của đế và ***chiết hình*** (fractal) của mặt đế sẽ có ảnh hưởng rất quan trọng đến thao tác nanô, vì tương tác giữa các nguyên tử của đế với các nguyên tử cần thao tác nanô phụ thuộc rất mạnh ***vaò "tính gồ ghề" của chiết hình*** bề mặt đế được đặc trưng bằng một thông số gọi là ***thứ nguyên chiết hình***. Về nguyên tắc nguyên tử khi đặt vào mặt đế, nó sẽ tự di động, do tương tác với các nguyên tử của mặt đế, tìm đến vị trí cân bằng ứng với thế năng cực tiểu và dao động quanh vị trí cân bằng đó.

2. PHÂN TỬ VÀ MÁY NANÔ (PHÂN TỬ)

Từ các nguyên tử có thể hình thành, qua quá trình liên kết với nhau hay còn gọi là hoá hợp với nhau, ba loại hạt điển hình. Đó là : a) ***Phân tử***, là hạt trung hòa, phần tử nhỏ nhất tạo ra các hợp chất hoá học hoặc có sẵn trong tự nhiên, hoặc được chế tạo. Tất cả các vật của thế giới quanh ta đều là các hợp chất do các phân tử tạo thành. b) ***Hạt ion*** có thể gồm nhiều nguyên tử hoá hợp với nhau mà thành, nhưng chúng không trung hòa có thể mang điện tích (-) hoặc (+), do đó tồn tại không bền. c) ***Hạt gốc tự do***, tuy trung hòa về điện nhưng hoá trị chưa bão hòa, do đó rất dễ liên kết hoá học với các hạt khác nên thời gian sống không lâu. Dưới đây chỉ nói chủ yếu về các phân tử.

2.1. LIÊN KẾT PHÂN TỬ VÀ TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC PHÂN TỬ

Với khoảng trên 90 loại nguyên tử có trong tự nhiên, chúng ta không thể dễ dàng biết được tương đối chính xác có bao nhiêu loại phân tử vừa tự nhiên vừa nhân tạo đang tồn tại quanh ta. Có những phân tử rất nhỏ chỉ gồm 2 nguyên tử như phân tử khí oxy (O_2) mà ta thở hàng ngày, nhưng cũng có những phân tử rất lớn gồm hàng chục tỷ nguyên tử như phân tử ADN của bộ gen người nối dài đến khoảng vài mét (bình thường ADN gói lại thành các hạt nhiễm sắc thể có kích thước cỡ nanomét).

a) Liên kết cộng hoá trị xảy ra khi hai nguyên tử liên kết với nhau bằng cách hai nguyên tử trao đổi điện tử để tạo ra một ***mây điện tử chung*** làm vỏ chung cho cả hai hạt nhân. Điển hình của loại liên kết này là các phân tử gồm 2 nguyên tử cùng loại như phân tử khí H_2, O_2, N_2... Trường hợp phân tử hydro có khoảng cách giữa hai hạt nhân bằng 0,74116Å và năng lượng liên kết bằng

$7{,}604.10^{-19}$jun. Tuỳ theo tính đối xứng của mây điện tử chung phân ra liên kết cộng hoá trị σ, π, δ và các điện tử của mây tương ứng cũng gọi là điện tử σ, π, δ.



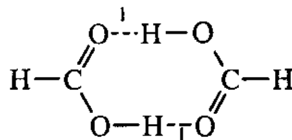
Hình 1.6: **Liên kết cộng hoá trị trong phân tử hydro H_2**

b) Liên kết ion xảy ra giữa 2 nguyên tử A và B khi nguyên tử A (hoặc B) mất đi một điện tử lớp vỏ ngoài để chuyển sang cho lớp vỏ ngoài của B (hoặc A). Như vậy A (hoặc B) trở thành ion (+) còn B (hoặc A) trở thành ion (-).

Hai ion này trái dấu điện tích nên liên kết bằng lực hút tĩnh điện.

Ví dụ: phân tử NaCl hình thành do liên kết ion (Na^+Cl^-), tương tự phân tử KCl có liên kết ion (K^+Cl^-) với độ dài liên kết bằng 2,67Å và năng lượng liên kết bằng $6{,}8.10^{-19}$jun.

Ngoài hai loại liên kết chủ yếu trên đây trong các phân tử phức tạp còn xuất hiện nhiều loại liên kết phối hợp. Đặc biệt trong nhiều phân tử hữu cơ, nhất là các phân tử sinh học còn hay gặp loại ***liên kết hydro***. Sự tồn tại loại liên kết này là do nguyên tử hydro mặc dầu chỉ có 1 điện tử lại có thể đồng thời liên kết với 2 nguyên tử khác. Khi nguyên tử H trao đổi điện tử với 1 nguyên tử khác để tạo ra liên kết thì hạt nhân còn lại nó mang điện (+) lại có thể thu hút điện tử của nguyên tử thứ ba để tạo một liên kết mới (mặc dầu yếu hơn) và gọi đó là liên kết hydro.

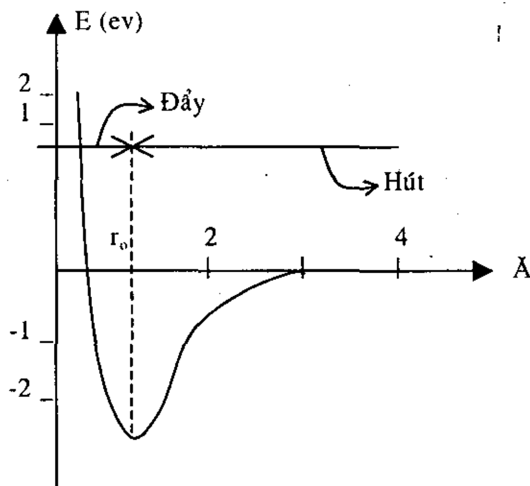


Hình 1.7: **Các liên kết 1 được gọi là liên kết hydro**

Trong các tinh thể kim loại, tuy không thể nói cả khối kim loại là một phân tử, nhưng những nguyên tử của cả mạng liên kết với nhau bằng cách tập thể hoá các điện tử lớp vỏ ngoài tạo thành các dải mức năng lượng chung

thường gọi là các ***vùng năng lượng*** của cả tinh thể. Đó là ***liên kết kim loại***, dạng liên kết điển hình của các nguyên tử kim loại. Trong liên kết kim loại xuất hiện các ***điện tử tự do*** có thể di chuyển khắp khối kim loại và tạo ra tính dẫn điện rất tốt của kim loại. Trong công nghệ nanô liên kết kim loại thường được dùng để tạo các kênh dẫn ở linh kiện nanô.

Lực tương tác giữa các phân tử có ý nghĩa quan trọng khi thao tác từng phân tử trong công nghệ nanô. Giữa các phân tử trong thể khí, thể lỏng và thể rắn chủ yếu có ***lực tương tác van der Waals***. Nếu xét hai phân tử nhỏ, coi như hai quả cầu, thì giữa chúng có lực tương tác van der Waals là lực hút nhau khi còn xa nhau và đẩy nhau khi đến gần quá một khoảng cách gọi là khoảng cách cân bằng r_0. Trên hình vẽ 1.8 cho đồ thị thế năng tương tác giữa 2 phân tử H_2. Vì các nguyên tử khí trơ không hoá hợp tạo thành phân tử nên giữa chúng cũng có lực tương tác van der Waals.



Hình 1.8: **Thế năng tương tác 2 phân tử H_2**

Với các đại phân tử có kích thước đáng kể, tương tác giữa chúng hoặc tương tác ngay giữa các phần khác nhau của cùng một phân tử cũng rất phức tạp và tạo ra các cấu trúc rất đa dạng, sẽ nói đến ở phần dưới.

Tương tác van der Waals giữa các phân tử có bản chất là ***tương tác điện từ*** giữa các momen điện xuất hiện trong các phân tử dưới nhiều dạng khác

nhau. Đây là dạng tương tác yếu, có năng lượng khoảng vài kilocalo/mol cho các loại phân tử nhỏ. Tương tác giữa các phân tử, tuy yếu, có ảnh hưởng nhiều khi quyết định đến cấu trúc các chất và sự biến đổi các pha của chúng.

2.2. CẤU TRÚC CÁC CHẤT, PHA VÀ CHUYỂN PHA

Vật chất trong tự nhiên, do cấu trúc sắp xếp các nguyên tử, phân tử khác nhau, tồn tại với các trạng thái vô cùng đa dạng. Tuy vậy, cho đến nay ta có thể xếp chúng vào các "thể" sau đây: ***rắn, lỏng*, *khí*** và ***plasma.***

Thể rắn gồm 2 loại: ***tinh thể*** và ***vô định hình***. Trong các tinh thể nguyên tử, phân tử, ion dao động xung quanh các vị trí cố định, các vị trí này tạo thành mạng lưới có tính tuần hoàn và đối xứng xác định. Tinh thể silic, là vật liệu chủ yếu của ngành công nghệ thông tin hiện nay, để tạo ra các "con chip" vô cùng kỳ diệu, xử lý được hàng tỷ phép tính trong 1 giây. ***Tinh thể dạng lập phương*** của các nguyên tử than (cacbon) chính là kim cương, nó cứng rắn nhất, trong suốt và ánh sáng đi qua nó chậm nhất nên kim cương (hạt xoàn) gây ra hiệu ứng "ma lực". Trong các ***chất rắn vô định hình*** (như thủy tinh) các nguyên tử, phân tử, ion tuy cũng dao động quanh các vị trí xác định, nhưng không có tính tuần hoàn như tinh thể, tức là có ***trật tự gần*** nhưng không có ***trật tự xa***. Các vật liệu kim loại vô định hình, các sợi quang làm bằng thủy tinh vô định hình v.v... đều là các vật liệu dùng trong những ngành công nghệ cao hiện đại, kể cả công nghệ nanô.

Thể lỏng đặc trưng bởi tính lưu động của các phân tử. Giống như trong thể rắn, các phân tử dao động xung quanh một vị trí trung bình, nhưng chỉ trong một thời gian ngắn. Do tương tác van der Waals và do va chạm trong chuyển động nhiệt phân tử bứt khỏi vị trí trung bình này để chuyển sang một vị trí mới, và như vậy phân tử có thể di chuyển lưu động trong khắp khối chất lỏng.

Nước (H_2O) quyết định sự phát sinh và duy trì sự sống trên Trái đất. Nước lỏng cũng sẽ là vật liệu quyết định công nghệ nanô ướt (wet nanotechnology) trong thế kỷ này. Hàng vạn chất lỏng với nhiều tính năng kỳ diệu (tinh thể lỏng, chất lỏng lượng tử v.v...) đang góp phần duy trì sự sống và nền văn minh.

Trong điều kiện thông thường các chất ở dạng lỏng thì rất nhiều, nhưng các nguyên tố ở dạng lỏng thì chỉ có ***thủy ngân*** và ***brom.***

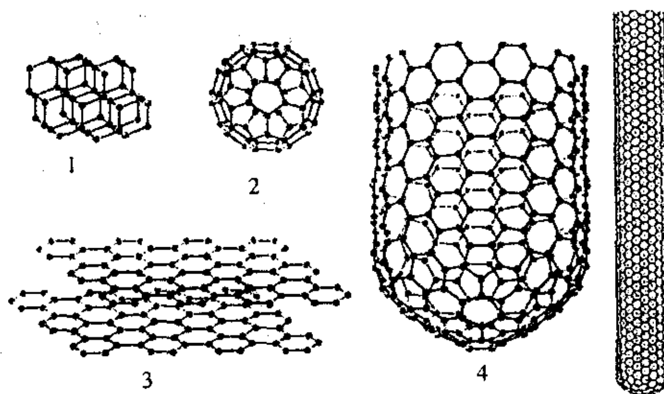
Trong thể khí các phân tử có chuyển động hỗn loạn và càng mạnh nếu nhiệt độ càng cao. Chuyển động nhiệt của các phân tử gây nên áp suất tác động lên thành bình. Việc nghiên cứu động học các chất khí đã dẫn đến sự phát hiện phân tử, nguyên tử. Không khí là một hỗn hợp khí đảm bảo cho sự sống và sự phát triển công nghệ. Khí đốt là nguồn năng lượng rất quan trọng hiện nay. Pin nhiên liệu dùng khí H_2 có triển vọng rất lớn để giải quyết vấn đề giao thông không gây ô nhiễm.

Thể plasma giống như thể khí, nhưng được tạo thành không phải các phân tử trung hòa, mà là các ion và điện tử, ví dụ như trong các đèn ống, trong các tia lửa điện hàn, trong các ngọn lửa hàn nhiệt độ cao (hàng vạn độ) phát ra từ các máy plasmatron v.v... Tầng điện ly của khí quyển Trái Đất, lớp nhật hoa của Mặt trời đều thuộc thể plasma. Tương lai có thể giải quyết vấn đề năng lượng sạch và rẻ tiền bằng phản ứng nhiệt hạch trong plasma nóng (hàng chục triệu độ) của các ion từ nguyên tử đơtơri ($^{1}_{2}H$) và triti ($^{1}_{3}H$).

Gần đây còn phát hiện ra trong phòng thí nghiệm ***trạng thái thứ năm của vật chất*** gọi là ***chất ngưng tụ Bôzơ - Anhxtanh*** (BEC). Đó là một tập hợp các nguyên tử (Na, Rb ...) ở nhiệt độ rất gần với 0 độ tuyệt đối. Chúng có nhiều tính chất kỳ lạ: cả hệ có hành vi như một nguyên tử, có tính năng như một hốc đen của vũ trụ. Chất BEC đang hứa hẹn rất nhiều ứng dụng kỳ lạ mới.

Các chất có thể tồn tại ở thể rắn, lỏng và hơi tùy theo nhiệt độ. Một chất xác định tồn tại ở thể rắn trong khoảng nhiệt độ thấp nhất, ở thể lỏng trong khoảng nhiệt độ cao hơn và ở thể khí trong khoảng nhiệt độ cao nhất mà quá khoảng đó chúng sẽ bị phá hủy. Ví dụ nước (H_2O) ở thể rắn (nước đá) trong khoảng nhiệt độ dưới 0°C, ở thể lỏng trong khoảng nhiệt độ từ 0°C đến 100°C, thành hơi nước trên 100°C. Cũng có nhiều chất chuyển thẳng từ rắn thành hơi, gọi là ***thăng hoa***. Sự chuyển từ thể này sang thể khác, tức thay đổi đột ngột trạng thái cấu trúc, thường được gọi là ***chuyển pha***. Các quá trình chuyển pha này thường kèm theo ***ẩn nhiệt*** và gọi là chuyển pha loại I, còn có loại chuyển pha không kèm theo ẩn nhiệt nhưng có sự thay đổi đột ngột một số tính chất thì gọi là quá trình chuyển pha loại II. Ví dụ sắt (Fe) có từ tính mạnh khi nhiệt độ thấp hơn 770°C, trên nhiệt độ này tuy vẫn ở thể rắn nhưng sắt mất tính sắt từ. Như vậy ở 770°C đã xảy ra quá trình chuyển pha loại II.

Những quy luật chuyển pha liên quan với các dạng tương tác giữa các phân tử và có ý nghĩa quan trọng trong việc chế tạo các hạt nanô, linh kiện nanô và cấu trúc nanô.



Hình 19: **Các dạng thù hình của các bon (NNI)**

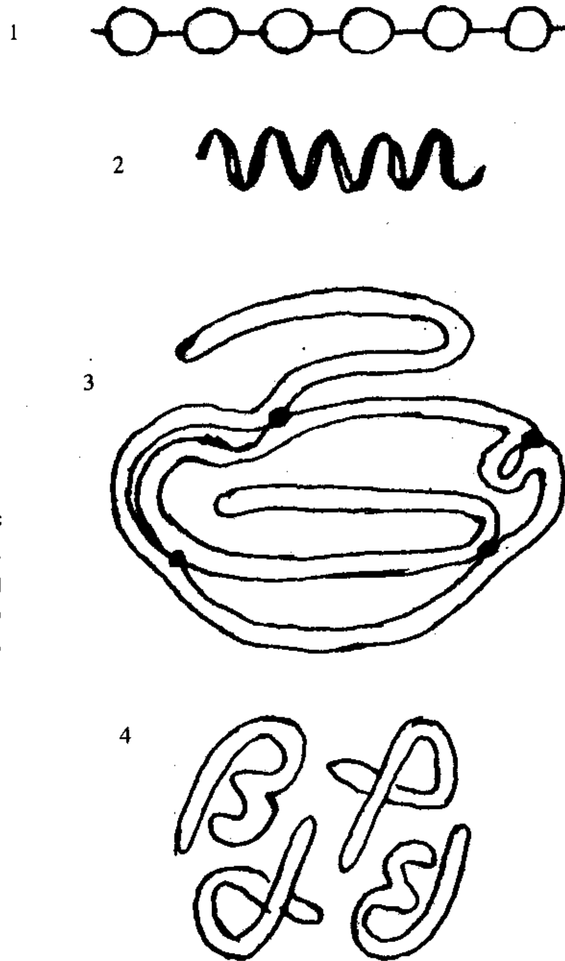
1. Kim cương 2. Fulơren dạng cầu
3. Than chì graphit 4. Các nanô ống cacbon

Một số nguyên tố mặc dầu ở trong một thể rắn lại có thể có vài dạng cấu trúc khác nhau, được gọi là các ***dạng thù hình*** của nhau. Điển hình là cacbon, mặc dầu cùng ở trong thể rắn cácbon có các dạng thù hình: than vô định hình, kim cương, than chì graphit, sợi cácbon, fulơren và ống nanô cacbon.

2.3. ĐẠI PHÂN TỬ (MACROMOLECULES)

Công nghệ nanô liên quan đến các phân tử sinh học thường được gọi là **công nghệ nanô ướt** vì các phân tử sinh học chủ yếu hoạt động trong chất nguyên sinh (protoplasm) trong tế bào, ở thể lỏng. Những phân tử sinh học đều là các **đại phân tử** (macromolecules) mà phần lớn đều thuộc loại **pôlime** (chất trùng hợp, cao phân tử) như protein, axit nhân, polisaccarit (tinh bột), lipit (chất béo); các chất dẻo (plastic) dùng trong công nghiệp cũng là đại phân tử, các ống nanô cacbon cũng là đại phân tử ... nhưng chúng không phải là đại phân tử sinh học. Gọi là đại phân tử vì chúng có trọng lượng phân tử (M) > 100.000 Dalton (1 Dalton xấp xỉ khối lượng của 1/12 hạt nhân cácbon 12), nghĩa là rất lớn và có nhiều đặc tính khắc hẳn với các loại phân tử nhỏ.

Công nghệ nanô ướt đặc biệt quan tâm đến các phân tử protein gồm hầu



Hình 1.10: **Sơ đồ minh họa các cấp cấu trúc của protein**

1. Cấu trúc cấp 1; 2. Cấu trúc cấp 2; 3. Cấu trúc cấp 3; 4. Cấu trúc cấp 4 của trường hợp hồng cầu (hemoglobin) với các chuỗi protein α và β sơ lược hoá.

hết các phân tử sinh học có chức năng quan trọng của tế bào. Nhiều trong số này có tính chất rất đặc biệt là "tự nhân bản" (replicator), đa số hoạt động theo một chương trình chặt chẽ, một số phân tử protein (như phân tử ribosome) lại có khả năng như một máy lắp ráp theo các thông tin mà các protein khác cung cấp như phân tử ARNm. Để thực hiện các chức năng trên chúng phải có các cấu trúc nanô cực kỳ phức tạp. Nói chung có thể thấy có 4 cấp cấu trúc protein:

a) Cấu trúc sơ cấp là một dãy các axit amin được lắp ráp theo các thông tin từ ADN của tế bào.

b) Cấu trúc cấp 2 thể hiện bằng dạng xoắn lại hoặc uốn cong thành tấm (xoắn α hoặc tấm β).

c) Cấu trúc cấp 3 là phân tử tự cuốn lại và dính lại ở nhiều chỗ của chính phân tử (có thể bằng liên kết hyđro hoặc bằng cầu sunfit).

d) Cấu trúc cấp 4 thường có dạng rất phức tạp thường là kết quả tương tác của hai hoặc nhiều hơn các chuỗi axit amin (polypeptides).

Hình vẽ 1.10 cho ta thấy sự phân loại các cấp cấu trúc của phân tử protein để tạo ra các phân tử chức năng.

Như sẽ thấy chi tiết hơn ở trong chương V, chương VIII của cuốn sách này, các đại phân tử sinh học thực sự là những chiếc máy biết **tự lắp ráp**, theo thông tin từ bộ gen ADN, và **tự nhân bản**. Chúng được xem như những chiếc máy, **máy nanô**. Nhưng điều quan trọng là chính ở đây xảy ra bước đột biến **từ thế giới vô cơ sang thế giới hữu cơ** đặc thù bởi tính "sống", tức là tự nhân bản, sửa chữa, thích nghi và phát triển, đại thể theo một chương trình nhưng không cứng nhắc, tiến hoá vừa có tiệm tiến vừa có đột biến.

Máy nanô không phải chỉ có trong lĩnh vực sinh học, trong công nghiệp người ta cũng có thể lắp ráp từ các phân tử pô**lime (công nghệ nanô khô - dry nanotechnology)** thành các cấu trúc nanô có thể thực hiện được nhiều chức năng kỳ diệu. Chi tiết hơn về các loại máy nanô này nói ở trong chương về các hệ thống vi cơ điện tử (microelectromechanical systems - MEMS) và hệ thống nanô cơ điện tử (nanoelectromechanical systems - NEMS) trong cuốn sách này.

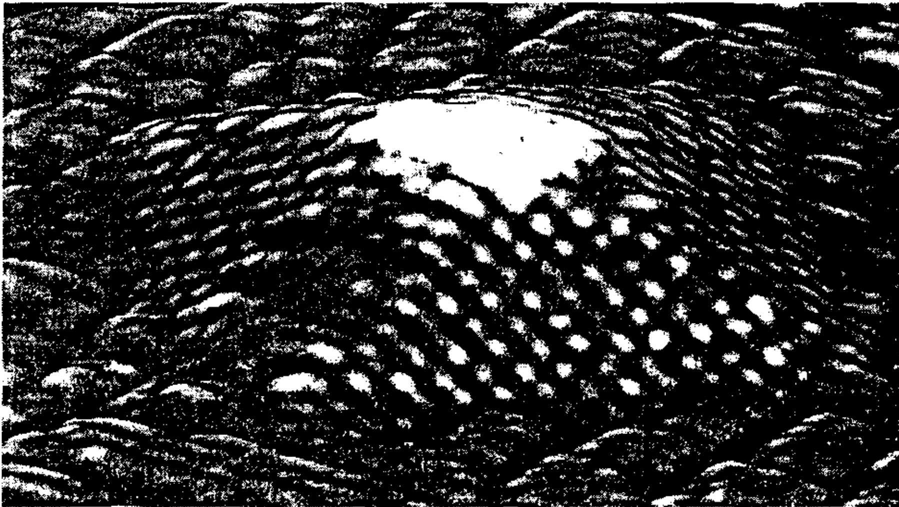
3. CẤU TRÚC NANÔ

Cấu trúc nanô là các hệ thống có kích cỡ thuộc thang nanô (khoảng từ 1 đến 100 nanomet) gồm các nguyên tử, phân tử được sắp đặt vị trí sao cho cả hệ thống thực hiện được các chức năng định trước. Về phân loại hình học của các cấu trúc nanô ta có hạt nanô, sợi hoặc dây nanô hoặc ống nanô (một chiều thuộc thang nanô), lớp nanô hoặc màng mỏng nanô (hai chiều thuộc thang nanô). Về chức năng có thể phân các cấu trúc nanô thành a) **vật liệu nanô**, có thể là các hạt nanô như chấm lượng tử hoặc vật liệu nền có nanô tinh thể hoặc compodit có cốt sợi, ống nanô v.v... b) **linh kiện nanô** (nanodevices) như các cảm biến nanô, các linh kiện đơn điện tử, các linh kiện của kỹ thuật spin

(spintronics) v.v... c) **Các máy nanô** như các MEMS, NEMS, các máy nanô phân tử (molecular nanomachines) như các phân tử protein ...

Thực tế trong một, hai thập kỷ qua cho thấy có thể thiết kế và chế tạo (thực hiện) được nhiều cấu trúc nanô từ nhiều dạng vật liệu bình thường hiện có bao gồm vật liệu vô cơ, hữu cơ, sinh học.

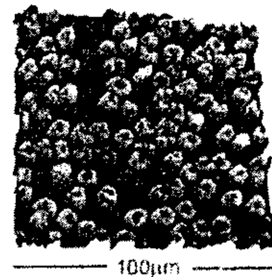
Một số phương tiện đặc biệt để kiểm tra, khảo sát để thao tác công nghệ trong chế tạo, lắp ráp các cấu trúc nanộ nói chi tiết hơn ở trong chương 4 cuốn sách này.



Hình 1.11: **Ảnh STM một chấm lượng tử, do tự sắp xếp thành hình tháp các nguyên tử Ge (NNI)**

Các cấu trúc nanô có một số đặc điểm vật lý như sau:

a) Vì số nguyên tử, phân tử ở trong cấu trúc thường không quá lớn như trong các vật khối, nếu tính trong thang nanô (1 - 100nm) thì vào khoảng từ vài trăm đến hàng triệu nguyên tử. Chú ý rằng trong công nghệ vi điện tử thì con số tương ứng là từ 10^{12} - 10^{21} nguyên tử. Như vậy trong thiết kế cấu trúc nanô thì phần lớn việc tính toán phải đến mức từng nguyên tử. Hơn nữa ở đây sẽ xuất hiện nhiều tính



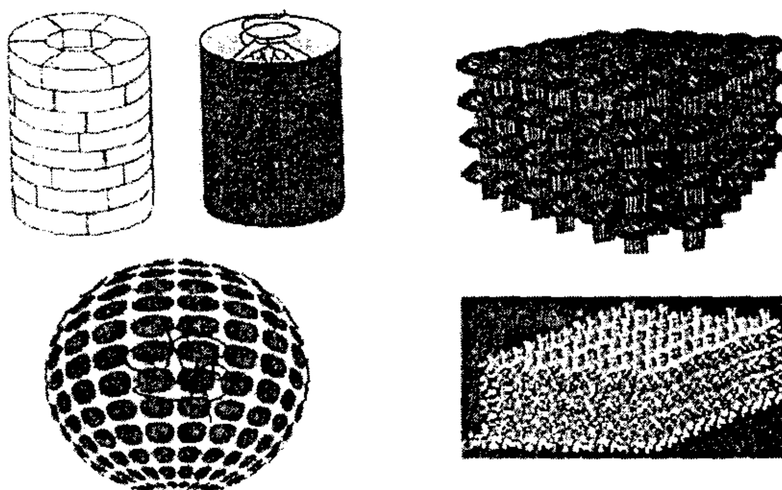
Hình 1.12: **Ảnh STM một lớp tế bào hồng cầu trên một giá đế mica**

chất hoàn toàn mới.

b) Trong các cấu trúc nanô, các tính chất điện tử và từ bị khống chế bởi các quy luật lượng tử. Bởi vậy mở ra khả năng là chúng có thể thực hiện các chức năng mà các cấu trúc vi điện tử không thể có được, ví dụ hiệu ứng **từ điện trở khổng lồ** (GMR), tức là điện trở của một chi tiết phụ thuộc mạnh khác thường vào từ trường tác dụng. Như vậy rõ ràng các cấu trúc nanô mở ra cả một khoảng mênh mông các ứng dụng kỳ diệu mới vào thực tiễn.

c) Các cấu trúc nanô, nhờ kích thước nhỏ, có tính chất **xếp chặt (compact) cao,** do đó tạo ra tốc độ xử lý thông tin, vận chuyển thông tin lớn (có thể gấp hàng 10^6 lần hiện nay). Trình độ CNTT siêu cao đó lại kết hợp với công nghệ nanô phân tử sinh học chắc chắn sẽ tạo ra trong vài thập kỷ tới các đột phá chưa thể lường hết.

d) Trong hai thập kỷ qua hầu hết các ngành khoa học (khoa học máy tính, vật lý học, hoá học, sinh học v.v...) đều kết hợp nghiên cứu các cấu trúc nanô, từ đó hình thành **khoa học nanô** (nanoscience) hướng tới các chân trời mà khoa học hiện nay còn chưa biết tới. Những tri thức đạt được khi nghiên cứu khoa học nanô không chỉ làm phong phú thêm hiểu biết về tự nhiên mà còn trở thành cơ sở cho một sự phát triển mạnh mẽ các công nghệ mới có tính đột phá.



Hình 1.13: **Dạng các cấu trúc nanô chế tạo trong phòng thí nghiệm từ các phân tử polime (NNI)**

Không phải chỉ đến bây giờ mới phát sinh các cấu trúc nanô, cũng không phải chỉ ở trong phòng thí nghiệm mới chế tạo ra được cấu trúc nanô. Ngược lại trong tự nhiên vốn đã tồn tại thường xuyên và mọi nơi các cấu trúc nanô. Chỉ có là đến nay ta mới có công cụ để quan sát và nghiên cứu các tính năng của cấu trúc nanô. Điều trớ trêu là chính bản thân con người, một "cỗ máy" sở dĩ cực kỳ tinh vi và phức tạp là vì nó hầu như hoàn toàn dựa trên cấu trúc nanô: 100 nghìn tỉ tế bào trong một người trưởng thành, đều do tự nhân bản từ 1 tế bào, hình thành do trứng của mẹ và tinh trùng của bố theo cơ chế của cấu trúc nanô. Khoảng vài trăm nghìn loại protein có trong cơ thể chúng ta là những máy nanô, những siêu tính nanô. Từ con amíp ban đầu dưới biển cả đến mọi loài sinh vật cũng như thế, nghĩa là đều tồn tại do các cấu trúc nanô. Các hạt bụi trong khí quyển, các tầng trầm tích, các lớp kiến tạo của vỏ trái đất v.v... ở đâu cũng phát hiện thấy các cấu trúc nanô.

Xét cho cùng sự xuất hiện khoa học nanô và công nghệ nanô, theo một ý nghĩa xã hội chung, là một tất yếu lịch sử.

Chương 2

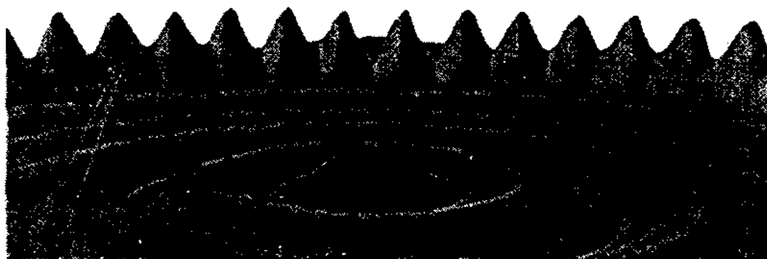
CÔNG NGHỆ NANÔ, ĐỘT PHÁ THẾ KỶ

Trong chương này trình bày tư tưởng và hệ tri thức tạo ra nền tảng của công nghệ nanô, một đột phá có tính cách mạng về công nghệ trong thế kỷ 21, dẫn đến một lực lượng sản xuất hoàn toàn mới có khả năng thúc đẩy nền văn minh nhân loại tiến lên tầm cao mới.

1. CÔNG NGHỆ NANÔ, Ý TƯỞNG CƠ BẢN

Chữ nanô, gốc Hy lạp, được gắn vào trước các đơn vị đo để tạo ra đơn vị ước giảm đi 1 tỷ lần (10^{-9}). Ví dụ: nanomét (ký hiệu nm) = 1 phần tỷ mét = 1. 10^{-9}m; nanogam (ng) = 1 phần tỷ gam = 1.10^{-9}g v.v...

Thuật ngữ công nghệ nanô (nanotechnology) xuất hiện từ những năm 70 của thế kỷ trước, liên quan đến công nghệ chế tạo các cấu trúc vi hình của mạch vi điện tử. Độ chính xác ở đây đòi hỏi rất cao, từ 0,1nm đến 100nm, tức là phải chính xác đến từng lớp nguyên tử, phân tử. Mặt khác quá trình vi hình hoá các linh kiện cũng đòi hỏi người ta phải nghiên cứu các lớp mỏng có bề dày cỡ nm, các sợi mảnh có bề ngang cỡ nm, các hạt có đường kính cỡ nm. Phát hiện ra hàng loạt hiện tượng, tính chất rất mới mẻ, có thể ứng dụng vào nhiều lĩnh vực rất khác nhau để hình thành các chuyên ngành mới có gắn thêm chữ nanô. Ví dụ: linh kiện nanô, máy nanô, vật liệu nanô, y tế nanô v.v... Hơn thế nữa, việc nghiên cứu quá trình của sự sống xảy ra trong tế bào cho thấy ở đây sự sản xuất ra các chất của sự sống như protein, đều được thực hiện bởi việc lắp ráp vô cùng tinh vi, các đơn vị phân tử với nhau mà thành, tức là cũng ở trong phạm vi công nghệ nanô.



Hình 2.1: **San hô lượng tử: Ảnh STM của các sóng điện tử được bao bởi vòng tròn với 48 nguyên tử sắt, các mũi nhọn tương ứng với nguyên tử Fe.**

Mấy nét phác hoạ về công nghệ nanô trên đây có thể gây cho bạn đọc một câu hỏi rằng chẳng lẽ một đột phá quan trọng như vậy lại không làm chấn động đến nền móng khoa học một tí nào? Đúng là công nghệ nanô không những không trái một tí nào với thuyết tương đối và thuyết lượng tử, hai thuyết cơ bản của khoa học hiện đại, mà ngược lại công nghệ nanô phát triển càng chứng tỏ sâu sắc hơn tính đúng đắn của hai thuyết trên. Lịch sử khoa học đã hơn một lần cho thấy các học thuyết vĩ đại có thể có tác động to lớn hàng thế kỷ sau đó, ví dụ sự phát minh ra máy bay tuy sau sự ra đời của thuyết cơ học Niutơn hơn hai thế kỷ, nhưng vẫn là hệ quả của thuyết này.

Công nghệ nanô được manh nha với những ý tưởng mới mẻ dựa trên các tri thức về nguyên tử, phân tử sau khi thuyết lượng tử và thuyết tương đối, đã cơ bản hoàn chỉnh, khoảng ba, bốn thập kỷ. Người ta thường nhắc đến ý tưởng cơ bản của R.Feynman, giải thưởng Nobel về vật lý học người Mỹ, trong bài thuyết trình nổi tiếng (29/12/1959), tại Hội nghị hàng năm của Hội vật lý Hoa kỳ, với nhan đề "Ther's Plenty of Room at the Bottom" (có thể tạm dịch "có dư dả cơ hội ở tầm sâu").

Ý tưởng cơ bản của báo cáo trên, có thể nói gọn lại, là khoa học đã đi vào chiều sâu của cấu trúc vật chất đến từng phân tử, nguyên tử và sâu hơn nữa. Vậy tại sao không hướng công nghệ về phía "vi tiểu hình hoá" (miniaturization) các loại máy móc công cụ lao động tinh xảo trong lao động sản xuất và đời sống ? Hãy học ở các hệ sinh học kỳ diệu biết bao, ở đó các phân tử là các máy nhân bản, lắp ráp... tái sinh ra sự sống.

Tiếp theo Feynman cho rằng việc thu nhỏ kích thước nói trên không trái gì với các quy luật vật lý hiện đại, hơn nữa đã có tính khả thi nhờ các trang thiết bị cực kỳ tinh vi đã và sẽ được chế tạo. Tác giả bài thuyết trình còn phác

ra bức tranh viễn tưởng cực kỳ hấp dẫn về các tác động xã hội của hướng công nghệ này. Ví dụ nếu chỉ cần mỗi chiều 4 ÷ 5 nguyên tử, nghĩa là khoảng 100 nguyên tử để ghi 1 bít thông tin, thì toàn bộ thông tin mà nhân loại tích tụ được cho đến lúc đó (1959), tương đương khoảng 24 triệu cuốn sách của bách khoa thư hay 10^{15} bit, có thể lưu trữ trong một hạt bụi nhỏ.

Cuối cùng Feynman nói đến khả năng sắp xếp vị trí từng nguyên tử và hiểu được hành vi của mỗi nguyên tử trong các cấu trúc nhỏ bé (mà ngày nay ta gọi là cấu trúc nanô) và cho rằng quy luật vật lý không hề trái với các khả năng nói trên.

Có thể nói, những ý tưởng của Feynman đã tạo ra một xung lực quyết định cho sự hình thành nền tảng tư duy về công nghệ nanô. Đặc biệt, những thành tựu to lớn tiếp theo của sinh học phân tử và sự phát minh ra các loại kính hiển vi STM, AFM, kẹp laze v.v... đã thực sự làm cho ý tưởng biến thành hiện thực.

Tới 1986, những bước thành công ban đầu rất ấn tượng của công nghệ nanô lại được làm vang dội thêm bởi cuốn sách gây nhiều tranh cãi của Drexler với nhan đề "Những cỗ máy sáng tạo, kỷ nguyên công nghệ nanô đang tới (Engines of Creation, the Coming Era of Nanotechnology). Trong tác phẩm này, dựa trên các thành tựu đã đạt được của công nghệ nanô, tác giả đã cụ thể hoá những ý tưởng của Feynman và, hơn thế nữa, đã đưa ra những tư tưởng mới về ngành công nghệ mới mẻ này. Ví dụ mở đầu cuốn sách, Drexler đã vạch ra tính cách mạng của công nghệ nanô ở chỗ là khác với công nghệ của các thời đại trước đây đều là loại công nghệ "từ to xuống nhỏ" hay còn gọi là công nghệ khối to (bulk technology), hoặc công nghệ từ trên xuống (top down technology), với công nghệ nanô thì ngược lại "từ nhỏ lên to" hay còn gọi là công nghệ phân tử (molecular technology) hoặc công nghệ từ dưới lên (bottom up technology). Tác giả, dựa trên các kết quả mới của sinh học phân tử, trình bày khá chi tiết các loại máy nanô (máy nhân bản phân tử - replicator; máy lắp ráp phân tử - assembler...) mà ngày nay thường gọi là nanobot, mà cũng chính ở đây đã xảy ra một cuộc tranh cãi cho đến nay vẫn còn tiếp tục. Ở Mỹ đã hình thành trường phái Drexler (những người của trường phái này gọi là drexlerian), khẳng định rằng không có bất cứ một lý lẽ khoa học nào có thể phủ định được sự tồn tại của nanobot. Phái phản đối, phủ

định nanobot, dẫn đầu bởi nhà hoá học Smalley, giải thưởng Nobel về lĩnh vực công nghệ nanô đồng thời là người đứng đầu chương trình công nghệ nanô của Hoa kỳ (National Nanotechnology Initiatives - NNI), cũng mới chỉ đưa ra được các lý lẽ chưa đủ tính thuyết phục khoa học.

Dưới đây, trình bày một số vấn đề chủ yếu của cơ sở khoa học của công nghệ nanô.

2. CÔNG NGHỆ NANÔ, NHỮNG CƠ SỞ KHOA HỌC CHỦ YẾU

Tại chương I, khi trình bày về cấu trúc nanô, đã đề cập khái quát một số vấn đề khoa học dùng làm cơ sở cho công nghệ nanô. Dưới đây sẽ giới thiệu chi tiết hơn những cơ sở khoa học chủ yếu dùng để phát triển công nghệ nanô.

2.1. SỰ CHUYỂN TIẾP CỔ ĐIỂN - LƯỢNG TỬ

Bài toán một nguyên tử hoặc một phân tử gồm các nguyên tử là bài toán lượng tử. Trong công nghệ vi điện tử, bài toán là ở thang micromét = 10^{-6}m (sau này gọi là thang micro). Giả sử một khối lập phương mỗi cạnh bằng 1μm thì trong nó có khoảng 10^{12} nguyên tử, nghĩa là bài toán ở đây "***trở thành cổ điển***" do các hiệu ứng lượng tử của các nguyên tử đã được trung bình hoá trên một số rất lớn (10^{12}) nguyên tử và có thể bỏ qua thăng giáng ngẫu nhiên. Bởi vậy trong công nghệ vi điện tử (công nghệ micro) cơ sở phân tích khoa học và thiết kế được thực hiện theo các công thức cổ điển.

Các cấu trúc nanô (kích thước khoảng 1 - 100nm) chứa một tập hợp các nguyên tử ít hơn nhiều so với cấu trúc micro, thậm chí có thể chỉ là một nguyên tử, một phân tử. Bởi vậy ở đây việc ứng dụng quy luật vật lý và thiết kế bắt buộc phải vận dụng các nguyên lý lượng tử. Ví dụ một hạt nanô được coi như một chấm lượng tử (quantum dot) sẽ được mô phỏng thành một ***hố thế lượng tử***, nghĩa là giống như một ***"đại nguyên tử"*** và do đó cả tập hợp cũng có các mức năng lượng gián đoạn. Một lớp nanô bán dẫn (màng mỏng bán dẫn) có bề dày chỉ vào khoảng 10 ÷ 100 lớp nguyên tử sẽ làm xuất hiện hiệu ứng lượng tử theo bề dày. Lớp nanô bán dẫn sẽ có các hạt dẫn (điện tử và lỗ trống) hình thành khí điện tử hai chiều, đưa đến nhiều hiệu ứng mới, chưa từng có trước đây, ví dụ hiệu ứng Hall lượng tử.

Do sự chuyển sang các quy luật của cấu trúc nanô, nên khi dùng nguyên tử, phân tử, chấm lượng tử... để ghi thông tin thì không phải là ghi các bit cổ điển thông thường mà là ghi các bit lượng tử (còn gọi là qubit - quantum bit). Bởi vậy các máy điện toán lượng tử chỉ có thể thực hiện được với các cấu trúc nanô.

Rất nhiều ứng dụng dựa trên tính chất lượng tử của các cấu trúc nanô được trình bày trong các chương của cuốn sách này, đặc biệt trong lĩnh vực kỹ thuật điện tử, kỹ thuật linh kiện từ v.v... Trong lĩnh vực điện toán sẽ hứa hẹn các ứng dụng kỳ diệu với các linh kiện chức năng rất đa dạng.

Có thể nói cấu trúc nanô là một trạng thái độc đáo của vật liệu cho phép chế tạo rất nhiều loại sản phẩm hoàn toàn mới rất cần thiết cho các công nghệ cao. Như vậy công nghệ không chỉ là thu nhỏ kích thước hơn công nghệ micro mà còn là khám phá ra nhiều bí mật mới ở chiều sâu cấu trúc vật chất.

2.2. HIỆU ỨNG BỀ MẶT

Các cấu trúc nanô có kích thước rất nhỏ nên chúng có thể được sắp xếp "cô đọng" gắn kết rất đông đặc (compact), khi cần thiết có thể không có các vi lỗ xốp (micropore). Tính chất đặc biệt này của các vật liệu cấu trúc nanô có nguyên nhân là các tương tác điện - từ giữa chúng qua các lớp bề mặt của những hạt nanô cạnh nhau. Lực tương tác này trong nhiều trường hợp có thể lớn hơn lực tương tác van der Waals.

Sự cô đọng của các cấu trúc nanô rất có lợi cho việc tăng tốc độ truyền tải thông tin trong hệ thống các cấu trúc nanô.

Riêng đối với các đại phân tử sinh học, kết hợp với các hiệu ứng bề mặt làm cho cấu trúc của chúng trở nên rất phức tạp. Độ phức tạp cao của cấu trúc của chúng chỉ có thể phân tích bằng những nguyên lý khoa học cơ bản ở tầm sâu.

Một trong các bài toán bề mặt quan trọng là tương tác giữa bề mặt của giá đế (substrate), mà trên đó có cấu trúc nanô, với các nguyên tử của cấu trúc nanô đó. Bề mặt giá đế thường có độ gồ ghề nhất định mà các nguyên tử hấp phụ trên bề mặt sẽ di động tới vị trí có thế năng thấp nhất. Tính chất này sẽ ảnh hưởng đến việc "sắp xếp" các nguyên tử trên giá đế theo một cấu trúc nanô định trước.

Những tính chất bề mặt trên đây làm cho việc "lắp ghép" các cấu trúc nanô trở nên rất phức tạp và làm tăng thêm tính phức tạp của các hệ vốn đã là phi tuyến, do đó có thể dẫn tới các tính chất hoàn toàn mới của những cấu trúc đó.

2.3. HIỆU ỨNG KÍCH THƯỚC (SIZE EFFECT)

Các vật liệu thường được đặc trưng bằng một số đại lượng vật lý không đổi, ví dụ độ dẫn điện của kim loại, nhiệt độ nóng chảy, từ độ bão hoà của vật liệu sắt từ v.v... Nhưng các đại lượng đặc trưng này chỉ không đổi khi kích thước của vật đủ lớn và ở trên thang nanô. Khi giảm kích thước của vật xuống đến thang nanô, tức là vật trở thành cấu trúc nanô thì các đại lượng đặc trưng nói trên không còn là bất biến nữa, ngược lại chúng sẽ ***thay đổi theo kích thước*** và gọi đó là ***hiệu ứng kích thước***. Ví dụ khi bề dày của các lớp kim loại ở thang nanô càng nhỏ thì độ dẫn điện sẽ càng giảm so vơí độ dẫn điện cùng của kim loại đó, nhưng ở các vật có kích thước lớn. Sự giảm theo kích thước này được giải thích bằng vai trò của tán xạ điện tử trên bề mặt càng tăng khi bề dày lớp nanô càng giảm. Đã có rất nhiều nghiên cứu cơ bản về hiệu ứng kích thước trong các vật liệu từ, vật liệu siêu dẫn v.v...

2.4. KHOA HỌC NANÔ (NANOSCIENCE) nghiên cứu các vấn đề cơ bản của vật lý học, hoá học, sinh học của các cấu trúc nanô. Dựa trên các kết quả của khoa học nanô đi đến nghiên cứu ứng dụng cấu trúc nanô.

Trước hết phải nghiên cứu chế tạo ra các trang thiết bị, công cụ thực nghiệm để chế tạo, tổng hợp ra các cấu trúc nanô, theo thiết kế, với mức độ tinh vi điều khiển từng nguyên tử, phân tử. Chi tiết về lĩnh vực quan trọng này trình bày ở chương "Quan sát và thao tác nanô".

Bước tiếp theo là bước nghiên cứu triển khai công nghệ nanô bao gồm:

Nghiên cứu các tính chất của các loại cấu trúc nanô riêng biệt.

Nghiên cứu các tính chất của tập hợp (hệ thống) cấu trúc nanô riêng biệt.

c. Nghiên cứu tính chất các hệ do lắp ghép các đơn vị là các cấu trúc nanô. Kết quả nghiên cứu của bước này sẽ được ứng dụng để chế tạo các linh kiện nanô, các NEMS, MEMS và tiến tới các máy nanô.

Khoa học nanô và công nghệ nanô có ý nghĩa rất quan trọng và cực kỳ

hấp dẫn vì các lý do dưới đây:

- Tương tác của các nguyên tử và các điện tử trong vật liệu bị ảnh hưởng bởi các biến đổi trong phạm vi thang nanô. Do đó, khi làm thay đổi cấu hình ở thang nanô của vật liệu ta có thể "điều khiển" được các tính chất của vật liệu theo ý muốn mà không cần phải thay đổi thành phần hoá học của nó. Ví dụ thay đổi kích thước của hạt nanô sẽ làm cho chúng đổi màu ánh sáng phát ra hoặc có thể thay đổi các hạt nanô từ tính để chúng trở thành hạt một đômen thì tính chất từ của nó thay đổi hẳn.

- Vật liệu nanô có diện tích mặt ngoài rất cao nên chúng rất lý tưởng để dùng vào chức năng xúc tác hoặc hệ phản ứng hoá học, hấp phụ, nhả thuốc chữa bệnh từ từ trong cơ thể, lưu trữ năng lượng và cả trong liệu pháp thẩm mỹ.

- Vật liệu có chứa các cấu trúc nanô có thể cứng hơn, nhưng lại bền hơn (không ròn) so với cùng vật liệu đó mà không hàm chứa các cấu trúc nanô. Các hạt nanô phân tán trên một nền thích hợp có thể tạo ra các vật liệu compozit siêu cứng.

- Tốc độ tương tác và truyền tín hiệu giữa các cấu trúc nanô rất nhanh hơn giữa các cấu trúc micro và có thể sử dụng ưu việt này để chế tạo các hệ thống nhanh hơn với hiệu quả năng lượng cao hơn.

- Vì các hệ sinh học về cơ bản có tổ chức vật chất ở thang nanô, nên nếu các bộ phận nhân tạo, dùng trong tế bào, có tổ chức cấu trúc nanô bắt chước tự nhiên thì chúng sẽ dễ tương hợp sinh học (biocompatible). Điều này cực kỳ quan trọng cho bảo vệ sức khoẻ.

Xét về tầm dài khoa học nanô sẽ phát triển mạnh trong một số lĩnh vực hướng tới các ứng dụng quan trọng:

a. Đối với các tính chất mới phát hiện trong cấu trúc nanô, cần tìm ra quy luật biến đổi của chúng theo sự thay đổi kích thước tức là quy luật biến đổi thang (scaling laws); tới một kích thước ngưỡng nào thì các tính chất đó mất đi.

b. Tích hợp cao các ngành sinh học, hoá học và vật lý học để đẩy mạnh sự phát hiện những nguyên lý cơ bản của các quá trình trong các hệ sinh học.

c. Khám phá và tiến tới điều khiển được các tính chất và hiện tượng mới

đoán trước về hoá học, vật lý, sinh học của cấu trúc nanô và riêng rẽ hay của hệ thống cấu trúc nanô.

d. Nghiên cứu tổng hợp và xử lý các đơn vị cấu trúc nanô dùng để lắp ghép vật liệu hoặc các bộ phận của hệ thống, có cả khả năng tự tổ chức (seff - organisation) và tự lắp ghép (self - assembly).

đ. Khai thác tiềm năng vừa mô phỏng/mô hình hoá vừa làm thực nghiệm để tạo ra và đo kiểm định lượng các cấu trúc nanô.

e. Phát triển các ý tưởng mới về linh kiện và kiến trúc hệ thống có các tính chất độc đáo đáp ứng công nghệ nanô.

Chú ý rằng khoa học nanô là sự vận dụng các lý thuyết đã có vào trong điều kiện của các cấu trúc nanô. Chắc chắn sẽ phát hiện được nhiều tính chất, hiện tượng mới chưa từng biết trước đây. Các tính chất, hiện tượng mới này tuy không phủ nhận các lý thuyết cơ bản đã có, nhưng chúng sẽ bổ sung và làm phong phú thêm các lý thuyết đó.

Vì sự phát triển rất nhanh, bao gồm nhiều lĩnh vực ngày càng mở rộng nên, cho đến nay, vẫn chưa có một định nghĩa ổn định, được nhiều người thống nhất chấp nhận, cho thuật ngữ công nghệ nanô. Tuy nhiên, có thể hiểu đó là ngành công nghệ dựa trên các hiểu biết về các quy luật, hiện tượng, tính chất của cấu trúc vật lý có kích thước đặc trưng ở thang nanomét. Đối với việc sản xuất các chất của sự sống trong tế bào hiện nay dùng thuật ngữ công nghệ nanô phân tử (molecular nanotechnology) hoặc công nghệ phân tử (molecular engineering).

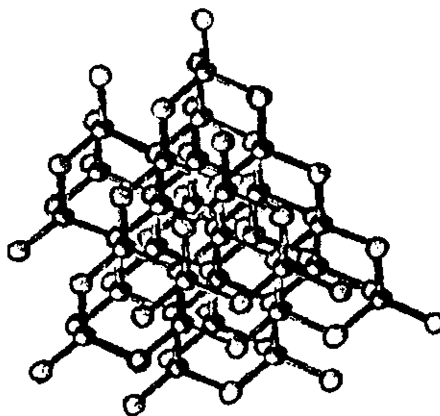
3. ĐỘT PHÁ THẾ KỶ

Trong một nghiên cứu của tổ chức do Liên Hiệp Quốc bảo trợ về dự báo những vấn đề kinh tế - xã hội của thiên niên kỷ thứ ba, các chuyên gia báo cáo rằng công nghệ nanô là một trong năm ngành công nghệ đột phá có tác dụng tích cực nhất, trong vòng 25 năm tới, đối với kinh tế thế giới. Dự báo trên đây dựa vào sự kiện là số nước tham gia chạy đua vào đầu tư nghiên cứu về công nghệ nanô tăng mạnh hàng năm, số bằng phát minh cũng tăng vọt và doanh số của lĩnh vực công nghệ nanô năm 2001 đã đạt 45 tỷ USD.

Dưới đây giới thiệu một số ứng dụng của công nghệ nanô trong một số lĩnh vực của sản xuất và đời sống.

3.1. Công nghệ thông tin và truyền thông (ICT), linh kiện điện tử và cảm biến (sensor).

Công nghệ thu nhỏ của phần tử tích cực (tranzito) trên chíp đã đạt tới giới hạn ở mức 0,1μm (10^{-7}m) và trở nên quá đắt nếu cứ sử dụng các quy trình (oxy hoá, quang khắc, khuếch tán...) như hiện nay để chế tạo các bộ vi xử lý, các loại RAM, ROM (bộ nhớ). Công nghệ nanô, do đó, vừa là lối thoát, vừa là bước nhảy vọt để chế tạo các linh kiện nòng cốt của điện toán và chuyển mạch của viễn thông. Thay vào tranzito là các linh kiện hoàn toàn mới về chế tạo: đơn giản hơn và rẻ tiền hơn mà đồng thời tính năng cao hẳn hơn vài bậc.



Hình 2.2: **Hạt nanô bán dẫn có kích thước 1,9nm gồm 145 nguyên tử**

Ví dụ: lựa chọn một trong các phương án mà công nghệ nanô đưa ra. Đó là chấm lượng tử (quantum dot). Gọi là "chấm" vì nó chỉ là một hạt (bán dẫn, kim loại, pôlime) có bán kính một, vài nanomét. Một hạt như vậy có hành vi như một nguyên tử, tức là trong nó có một số mức năng lượng mà ở đó có thể điền vào một điện tử. Chọn hai mức xác định, khi điện tử ở mức trên ta có trạng thái 1, khi điện tử ở mức dưới ta có trạng thái 0. Như thế chấm lượng tử trở thành linh kiện có 2 trạng thái (0,1) tức là có thể dùng để ghi 1 bit như tranzito.

Các chấm lượng tử đã được nghiên cứu kỹ từ nhiều năm nay, có nhiều sách về loại linh kiện này, và đã được chế thử các chip với các chấm lượng tử gọi là chip nanô (nanochip). Điều quan trọng là độ tích hợp của các chip nanô rất cao. Nếu mỗi chấm có kích thước 10nm (10^{-8}m) thì trên một chip với diện tích 1cm^2 sẽ có 10^{12} chấm tức là có thể dùng để xử lý, ghi 1000 Gigabit. Nếu các chấm lượng tử lại được chế tạo ở mức tinh vi, mỗi chiều chỉ 1 nanomét, mà lại sắp xếp cả ba chiều, thì 1 linh kiện 1cm^3 (bằng một cục đường ngọt) sẽ lưu trữ được 10^7 x 10^7 x 10^7 = 10^{21} = 1000 tỷ tỷ bit, tức là toàn bộ thông tin của tất cả các thư viện trên thế giới này có thể ghi trong "cục đường" đó. Đây

1

là nói về nguyên tắc, thực tế thì không đơn giản như vậy. Tuy nhiên hình tượng nêu trên đã gây ảnh hưởng đến mức cựu tổng thống Hoà kỳ, ông B.Clintơn đã ra quyết định phát động một chương trình quốc gia về công nghệ nanô (US National Nanotechnology Intitiative - NNI: Sáng kiến quốc gia về công nghệ nanô, để tương xứng với sáng kiến phòng thủ tên lửa - SDI - mà còn gọi là Chiến tranh giữa các vì sao do cựu Tổng thống Reagan đề ra trước đó). Kinh phí của Hoa kỳ dành cho nghiên cứu công nghệ nanô cứ tăng vọt hàng năm: năm 2000 là 270 triệu USD, đến 2001 là 422 triệu USD, 2002 là 520 triệu USD và năm 2003 là trên 700 triệu USD, đó là tiền ngân sách, nếu kể cả đầu tư của các các doanh nghiệp thì con số sẽ rất lớn.

Ngoài chấm lượng tử còn khá nhiều phương án thay thế khác như spin điện tử, độ phân cực của photon, momen từ của phân tử, các đoạn phân tử ADN v.v. . . Chúng đều có kích thước vào loại nanomét và đều có thể điều khiển hai trạng thái (0, 1) để ghi bit thông tin.

Cùng với ứng dụng làm đột biến công nghệ thông tin và truyền thông như nói ở trên các linh kiện nanô (nanodevices) còn làm đảo lộn hàng loạt các ngành quan trọng của sản xuất. Ví dụ : với các bộ cảm biến nanô (nanosensor) có thể chế tạo các "cái mũi đánh hơi" không những nhậy hơn mũi của chó nhiều cấp, mà còn có tính lọc lựa (ma tuý, thuốc nổ . . .) ; các linh kiện nanô sẽ làm phát triển nhanh lĩnh vực điều khiển tự động hóa dùng các cơ cấu ***vi cơ điện tử*** (MEMS - Microelectromechanical systems), ***nanô cơ điện tử*** (NEMS).



Hình 2.3 : **Các vi khuẩn E.Coli (gây bệnh tiêu chảy).**

Đuôi của chúng gắn vào trục của một động cơ phân tử. Khi làm quay trục thì các đuôi rung động làm cho vi khuẩn chuyển động. Vi khuẩn chỉ nhỏ cỡ micron (10^{-6}m) nên động cơ phân tử của nó là mô hình MEMS, NEMS.

Với sự thu nhỏ các bộ vi xử lý và bộ nhớ, máy điện toán cũng sẽ được thu nhỏ kích thước và gọi là ***máy điện toán nanô***, nhưng công suất tính toán

và dung lượng nhớ thì tăng lên có thể hàng nghìn thậm chí hàng triệu lần so với hiện nay. Hiển nhiên ở loại máy điện toán nanô sẽ không còn bàn phím và chuột, mà thay vào là điều khiển bằng ***lệnh nói***. Màn hiển thị có thể sẽ rất lớn, gắn trên tường, khi giải trí. Còn khi làm việc thì có thể làm máy siêu tính gài ở gọng kính mà hiển thị là mắt kính .

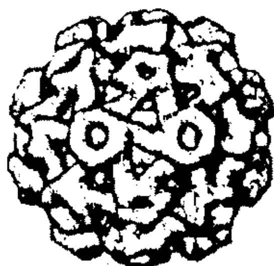
Một dự án quan trọng về màn hiển thị ba chiều (3D - display) đang được thực hiện. Màn hiển thị phải giống như cửa sổ, nhìn vào nó ta cảm được như nhìn qua một cửa sổ để thấy hình ảnh 3 chiều của mặt đất - bầu trời bên ngoài. Trở về nguyên lý, ta thấy thông tin về một điểm trong không gian sẽ gửi bằng ánh sáng đến mắt ta gồm ba thành phần: tần số (màu sắc), độ sáng (biên độ) và pha. Hình ảnh 2 chiều chỉ cho tần số và độ sáng mà không có thông tin về pha. Muốn có hình ảnh 3 chiều phải lập lại thông tin về pha. Dự án mới về màn hiển thị 3 chiều có nhiệm vụ là phải điều khiển cả pha. Công nghệ nanô đã mở ra khả năng này, tức là xử lý cả về pha bằng loại màn hình gọi là ***dãy điều khiển pha*** (Phased arrays display). Như vậy một màn hình sẽ gồm hàng chục triệu điểm nanô (các điểm có kích thước nanomét), khi chiếu một chùm ánh sáng kết hợp (ánh sáng laze) từ phía sau màn hình thì đồng thời cả ba thông tin (tần số, cường độ sáng, pha) được một siêu tính điều khiển để khi người xem nhìn vào sẽ thấy như nhìn qua một cửa sổ, thấy cảnh vật 3 chiều như thực tế đang diễn ra.

Trên đây chỉ là một số kết quả của công nghệ nanô trong lĩnh vực công nghệ thộng tin và truyền thông. Hàng ngày, theo dõi trên Intemet sẽ thấy có hàng chục phát minh mới của công nghệ thông tin và truyền thông dựa trên công nghệ nanô được công bố.

3.2. Y TẾ NANÔ

Vì những tính chất cực kỳ mới mẻ của các cấu trúc nanô (có kích thước đặc trưng cỡ nanomét) người ta đã vận dụng các cấu trúc này để chữa bệnh, mà trước đây chữa rất kém hiệu quả. Khi bị viêm do nhiễm khuẩn ở một vị trí nào đó của cơ thể, ta phải tiêm một loại thuốc kháng khuẩn vào mạch máu và chỉ có một phần các phân tử thuốc đến vị trí có viêm, còn các bộ phận khác của cơ thể cũng phải nhận một cách vô ích một lượng tương đương các phân tử thuốc đó. Việc này hay dẫn đến các hiệu ứng phụ nguy hiểm. Phải làm thế nào các phân tử thuốc chỉ đến tập trung vào địa chỉ cần đến. Người ta phát

hiện các hạt nanô từ tính có thể giúp giải quyết việc này. Trước hết phải chế tạo ra các hạt có kích thước nanomét mà lại mang từ tính (ví dụ bằng phương pháp hóa cho kết tủa các hợp chất oxýt sắt). Các hạt nanô từ này được chế biến sao cho có thể móc nối (liên kết) với các phân tử của loại thuốc cần dùng. Như vậy các hạt nanô từ đóng vai trò xe tải kéo rơ - moóc là các phân tử thuốc. Chỉ việc dùng từ trường (hoặc nam châm) hướng các "xe tải" nanô kéo thuốc đến đúng địa chỉ. Như vậy vô cùng hiệu quả hơn trước. Đặc biệt với ung thư thì chỉ các tế bào ung thư bị tấn công mạnh mẽ bởi sự tập trung các phân tử của hóa chất mạnh, tránh được về cơ bản hiệu ứng phụ gây ra cho các tế bào lành.



Hình 2.4: **Lớp vỏ protein của một loại virut ở cây đậu gọi là virut CCMV (Cowpea Chlorotic mottle virus) có thể nhận dạng tế bào ung thư. Nếu bọc thuốc diệt tế bào ung thư vào trong vỏ bọc nanô này thì có thể diệt tế bào ung thư mà không gây hại tế bào lành.**

Có một số vi chất rất cần cho cơ thể phát triển bình thường. Tuy nhiên không phải loại vi chất nào cũng có thể tiếp thu bằng việc ăn rau quả. Ví dụ sêlen là một loại vi chất rất cần thiết cho hệ miễn nhiễm và rất hiếm trong rau quả. Mặc dầu các khoáng chất chứa sêlen có nhiều nhưng chúng thường rất độc. Gần đây ở Thượng Hải Trung Quốc đã sản xuất và bán một loại thuốc để bổ sung vi chất sêlen tăng cường sức khoẻ có tên là Xi Wang. Đó là các hạt sêlen nanô được gói trong các lớp vỏ đặc biệt, đóng thành viên và có thể sử dụng theo đường uống. Khi vào hệ tiêu hóa các hạt sêlen nanô sẽ thấm vào máu và phát huy tác dụng, không gây ra hiệu ứng phụ và không còn độc hại như sêlen thông thường.

Đối với việc sửa sang sắc đẹp thì đã hình thành một ngành là nanô phẫu thuật thẩm mỹ (cosmetic nanosurgery). Trước đây ta thường nghe nói vi phẫu

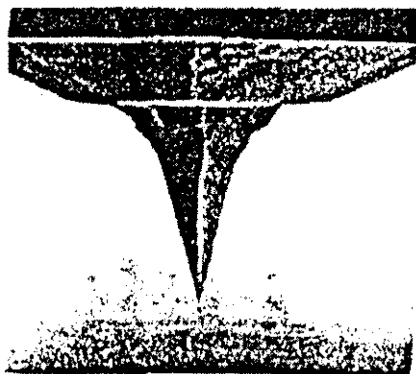
thuật thẩm mỹ là mổ xẻ nhỏ (tiểu phẫu) để bóc mỡ thừa, căng da, xoá nếp nhăn, mài các vết sạm, đổi màu tóc và da v.v. . . . Đây là một thị trường có sức hấp dẫn mạnh, nhất là đối với các công nghệ kiệt xuất mới ra đời như công nghệ nanô. Hiện nay thì đã dùng nhiều loại thuốc thẩm mỹ là các loại hạt nanô để làm thẩm mỹ và bảo vệ da. Ví dụ đã thương mại hóa loại kem chống tia tử ngoại, đó là loại kem bôi có chứa các hạt nanô của oxýt kẽm ZnO. Loại kem này trong suốt với phần bước sóng dài của ánh sáng (đỏ, da cam. . .) nên da dễ bắt màu nâu đẹp. Nhưng các hạt nanô oxýt kẽm ngăn chặn các tia tử ngoại (bước sóng ngắn) tới da có thể gây ung thư da. Đang nghiên cứu chế tạo các máy kích thước phân tử gọi là máy nanô (chính máy này cũng là các phân tử) thì việc chữa bệnh, phẫu thuật sẽ tuyệt diệu ở mức mà hiện nay khó hình dung nổi. Y tế nanô đang nhằm vào những mục tiêu bức xúc nhất đối với sức khoẻ con người, đó là các bệnh do di truyền có nguyên nhân từ gien, các bệnh nan y hiện nay như HIV/AIDS, ung thư. tim mạch, các bệnh đang lan rộng như béo phì, tiểu đường, liệt rung (Parkinson), mất trí nhớ (Alzheimer). Mới đây một phòng thí nghiệm ở Ôxtrâylia (Úc) đã chế tạo ra inxulin nanô, tức là các phân tử inxulin đã được chế thành các hạt nanô. Như vậy, trước đây những người còn trẻ mắc chứng tiểu đường loại I (típ I) phải hàng ngày chích inxulin thì bây giờ chỉ cần hít bột inxulin nanô, thật là tiện lợi. Người ta đang rất hi vọng trong 1, 2 thập niên đầu của thế kỷ này công nghệ nanô sẽ mang lại phương tiện để chữa được bệnh ung thư và bệnh HIV/AIDS.

3.3. NHỮNG ỨNG DỤNG KỲ DIỆU CỦA VẬT LIỆU NANÔ

Vật liệu nanô, bao gồm các lá nanô, sợi và ống nanô, hạt nanô được chế tạo bằng rất nhiều cách, kết quả phong phú và có nhiều bất ngờ, giá thành giảm rất nhanh, ví dụ 1 kg sắt nanô trước đây giá khoảng 500 USD, bây giờ chỉ còn khoảng 50USD. Các cách chế tạo vật liệu nanô thường là : phóng điện hồ quang, phóng điện plasma, ngưng tụ từ pha hơi, phương pháp kết tụ sol-gels, điện phân, nghiền bi v.v. . . Một trong những khâu then chốt là phải đo được kích thước đặc trưng của vật liệu có đúng ở phạm vi nanomét không và sau khi đạt thì phải cách li sao cho chúng không dính lại, vón lại với nhau làm mất "tính chất nanô" .

Để đo kích thước có thể dùng hiển vi điện tử quét, nhưng thuận tiện hơn

cả là hiện nay dùng kính hiển vi quét xuyên hầm hay hiển vi tunen STM-Scanning Tunelling Microscope) hoặc kính hiển vi lực nguyên tử (AFM - Atomic Force Microscope) . Những người chế ra STM đã được giải Nobel. Các thiết bị STM, AFM dùng rất thuận tiện, không đòi hỏi phải có chân không cao. Độ chính xác rất cao có thể tới + 0,01 nanomét (tức là 0,1 Angström). Giá của chúng lại vừa phải (khoảng vài chục ngàn USD một cái), có thể mua cấu kiện để lắp ráp. Ở nước ta đang có đề tài nghiên cứu lắp ráp thử hai loại kính hiển vi này và triển vọng rất khả quan .



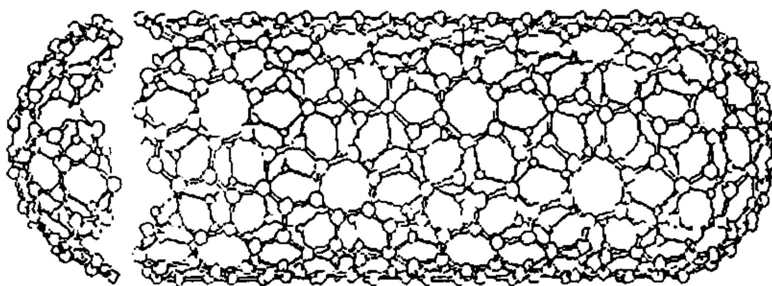
Hình 2.5: **Mũi nhọn dùng để rà chụp từng nguyên tử của kính hiển vi lực nguyên tử. Ở đầu nhọn này chỉ có 1 nguyên tử.**

Các hạt nanô thường được bọc trong các lớp vỏ polime và chỉ khi sử dụng mới tự động mất lớp vỏ này . Để làm việc tinh vi này có rất nhiều xảo thuật kể cả việc hạt nanô được gói bởi vỏ protein của các vi rút.

Các hạt nanô của nhiều hợp chất đã có nhiều ứng dụng kỳ diệu. Kính được phủ lớp hạt nanô sẽ không dính nước, rất có lợi nếu dùng loại kính này trong xây dựng, trong chế tạo ô tô. Các loại sơn có pha hạt nanô sẽ có độ bám dính rất cao làm cho lớp sơn bền lâu. Đặc biệt sử dụng các hạt nanô để xử lý sợi sẽ có được các loại vải không dính nước và bụi không bám được. Có các loại vải nhờ chế biến bằng công nghệ nanô có thể tự biến màu theo hoàn cảnh để làm vải nguy trang. Các hãng may mặc lớn của Mỹ, Thụy Sĩ, Đài Loan đang chạy đua sản xuất các loại vải này để sớm tung sản phẩm ra thị trường trong vài năm tới. Không thể kể hết các ứng dụng kỳ diệu của vật liệu nanô được công bố hàng ngày trên báo chí khoa học và Internet, hầu như trong mọi lĩnh vực của đời sống và sản xuất. Tuy nhiên không thể không nói đến hai

loại vật liệu nanô đã rất thịnh hành trong công nghiệp hiện nay. Đó là ống nanô cácbon (carbon nanotube) và vật liệu hạt tinh thể nanô (nanocrystalline materials).

Chúng ta biết cacbon có các loại thù hình là kim cương, than chì, sợi và bây giờ thêm loại fulơren và ống nanô cácbon. Chúng đều do các nguyên tử cácbon sắp xếp khác nhau mà thành. ống nanô cácbon là các ống "mắt cáo" do các nguyên tử sắp xếp thành các ống có đường kính chỉ khoảng lnm (10^{-9}m). Chúng có thể là ống đơn (chỉ có 1 lớp) hoặc ống nhiều lớp. Ống nanô cácbon có nhiều tính năng tuyệt diệu: dẫn điện tốt khi pha tạp có thể trở



Hình 2.6: **Ống nanô cácbon, bề ngang bằng 1,4nm**

thành siêu dẫn, độ bền cao hơn thép rất nhiều, chịu nhiệt độ cao rất tốt. Trước mắt ống nanô cacbon được nghiên cứu ứng dụng để làm các linh kiện điện tử (tranzito FET), các chíp vi xử lý có độ tích hợp cao, các bộ nhớ lớn. Ống nanô cácbon cũng được dùng để chế tạo các loại compozit siêu bền... Sự phát hiện ra ống nanô các bon cũng dẫn đến sự phát hiện ra nhiều loại vật liệu khác cũng có thể chế tạo thành ống nanô.

Điều đặc biệt mới mẻ là các ống này có đường kính chỉ cỡ nanomét nên chúng có hành vi lượng tử và được gọi là các dây lượng tử (quantum wire). Các dây lượng tử có thể có độ dẫn điện rất cao như đồng. Gần đây sự mất điện hàng loạt ở Mỹ và Ý đã dẫn đến ý tưởng của Richard Smalley là thay các cáp dẫn điện hiện nay bằng các sợi lượng tử (sợi các ống nanô) có độ dẫn điện như đồng nhưng trọng lượng rất nhỏ, kết hợp với các cảm biến nanô, thì có thể tránh được các sự cố mạng lưới điện bị rã.

Các vật liệu hạt tinh thể nanô là những vật liệu khi kết tinh được kiểm soát sao cho hình thành các hạt tinh thể cực nhỏ, có kích thước nanomét, trên một nền phi tinh thể. Khi có các hạt nanô làm cho trong vật liệu không còn các lỗ trống (dù là lỗ nanô) cho nên chúng. trở nên có độ bền và độ cứng siêu cao. Đồng thời tính linh động của các hạt nanô ở nhiệt độ phù hợp, vật liệu lại trở nên rất dễ gia công theo các hình dạng phức tạp. Các vật liệu gốm nanô-tinh thể Si_3N_4 (Silicon Nitride) có độ cứng > 80GPa (nghĩa là gần như kim cương - 100 GPa). Các vật liệu nanô - tinh thể SiC cũng như vậy. Nếu dùng các vật liệu này trong máy công cụ làm dao cắt gọt, các ổ bi , lò so. . . thì thực sự làm thay đổi hẳn ngành cơ khí chế tạo. Bên cạnh đó các loại gốm hạt nanô-tinh thể như ZrO_2 lại có tác dụng chịu nhiệt cao mà vẫn giữ được độ cứng lớn. Chúng được dùng làm lớp phủ trong xilanh của động cơ đốt trong, sẽ giữ được nhiệt độ cao làm cho nhiên liệu cháy hoàn toàn, đạt hiệu suất động cơ cao, mà lại làm giảm ô nhiễm môi trường. Bêtông được hạt nanô lấp đầy các lỗ xốp là loại siêu bền không cần có cốt thép.

4. MÁY NANÔ VÀ CÔNG NGHỆ NANÔ PHÂN TỬ

Trước đây khoảng 1 tỷ năm khi chưa có sự sống, Trái Đất trơ trụi như một hành tinh chết. Rồi sự sống phát triển, rừng xanh với muôn loài chung sống mà người là động vật duy nhất có trí tuệ mới xuất hiện cách đây vài triệu năm. Ta tự hỏi Tự nhiên đã phát triển loại công nghệ nào để thay đổi Trái Đất từ chỗ trơ trụi đến trạng thái vô cùng phong phú với các hệ sinh thái cực kỳ đa dạng. Sinh học hiện đại, nhất là sinh học phân tử đã chứng tỏ rằng công nghệ của tự nhiên tạo ra sự sống phát triển như ngày nay là một quá trình tiến hoá hàng tỷ năm dựa trên việc phát triển các loại phân tử của sự sống thành các loại máy móc, mà ta có thể gọi là máy nanô vì kích thước của các loại phân tử cỡ nanomét. "Hòn gạch" của sự sống là các tế bào, trong các tế bào phát hiện thấy những loại máy nanô sau đây :

a) *Phân tử ADN* của bộ gien là máy nanô, lưu trữ cơ sở dữ liệu về toàn thể sự sống của sinh vật.

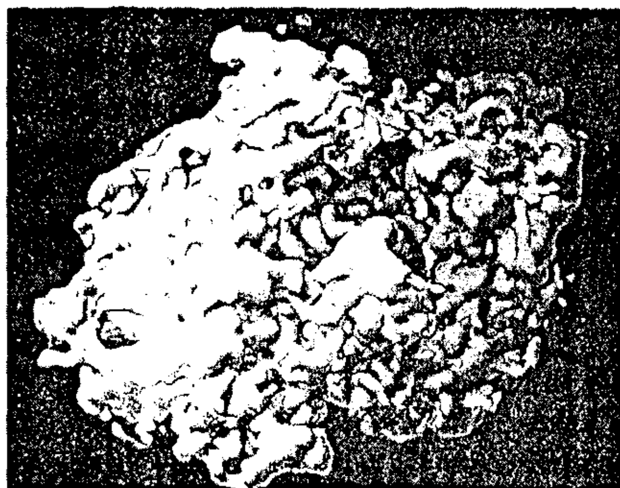
b) Các *phân tử ARNm* là máy nanô sao chép từ ADN các thông tin về một loại phân tử protein cần chế tạo.

c) Các *phân tử t ARN* là máy nanô đặc hiệu cho mỗi loại phân tử axit

amin để vận tải loại phân tử này đến nơi lắp ráp các phân tử protein.

d) Các *phân tử Ribosom* là các máy nanô thực hiện việc lắp ráp đúng các phân tử protein cần sản xuất, theo bản thiết kế trên phân tử ARNm.

e) Các *phân tử A TP* có vai trò là các máy nanô sản xuất năng lượng để cung cấp cho quá trình lắp ráp protein.



Hình 2.7: **Máy nanô phân tử trong tế bào có tên Ribosom và chức năng lắp ghép các phân tử protein của sự sống**

Các loại máy nanô phân tử này có thể là các máy tự nhân bản (replicator) thành một số rất lớn giống hệt nhau theo yêu cầu của quy trình do bộ gien quy định. Quá trình lắp ráp theo công nghệ nanô - phân tử của tự nhiên có các đặc tính cơ bản là: 1) Từ nhỏ lên to: tất cả các sinh vật đều bắt đầu từ 1 tế bào. Con người cũng bắt đầu từ 1 tế bào cho tới khi trưởng thành có đến 100 ngàn tỷ tế bào. 2) tất cả chất thải đều được tái chế và không gây ô nhiễm môi trường.

Trái lại các công nghệ mà loài người sáng tạo thì ngược lại: 1) Từ to xuống nhỏ: muốn có bát cơm phải phá hàng hecta rừng, muốn làm nhà phải phá núi để có xi măng, đào hầm sâu vào lòng đất để có than, dầu để có điện v.v... chưa kể các hứng thú làm kim tự tháp, đắp vạn lý trường thành, làm tháp chọc trời v.v... 2) Ngay công nghệ chế tạo mạch vi điện tử, cực kỳ tinh vi và phức tạp, cũng được thực hiện "từ to xuống nhỏ": bắt đầu là nhà máy

hoá chất đồ sộ chế tạo ra khí silane (SiH_4 tinh khiết), từ khí này chế tạo ra) các khối silic đa tinh thể, các khối silic đa tinh thể được cho vào lò kéo đơn tinh thể để có được các thỏi đơn tinh thể to và dài như cỡ một cây chuối lớn (đường kính 200 ÷ 300mm), sau đó đem cưa cắt lát thành các đĩa mỏng (wafer), tiếp theo là các quá trình xử lý cực kỳ tinh vi, phức tạp để có được từ mỗi đĩa nói trên khoảng vài trăm chip (mạch vi điện tử) với mỗi chip có diện tích khoảng vài chục đến một trăm milimet vuông. Chất thải chồng chất, ô nhiễm khắp đất trời, có nguy cơ Trái đất lại trở về tình trạng trơ trụi ban đầu.

Từ cuối thế kỷ trước loài người biết rằng không thể phát triển bền vững với các công nghệ cũ. Có cuộc tranh luận sôi nổi đang xảy ra. Một xu thế cho rằng phải học tập tự nhiên, phát triển toàn diện công nghệ nanô phân tử trong sản xuất và đời sống, sẽ vô cùng hiệu quả và không ô nhiễm, bảo đảm hạnh phúc lâu dài. Xu hướng ngược lại cho rằng đó là ảo tưởng, loài người không thể bắt chước tự nhiên vì chưa biết hết được các quy luật của tự nhiên. Dưới đây trình bày chi tiết hơn cuộc tranh luận giữa hai trường phái Drexler và Smalley, đã nhắc đến ở mục 1 chương này. Theo ý tưởng của trường phái Drexler thì các nanobot là hoàn toàn khả thi, chỉ cần nắm được các quy luật của khoa học nanô thì có thể sắp xếp từng nguyên tử theo ý muốn. Khi ấy có thể lắp ráp thành các máy lắp ráp (assembler), do các máy này lại ***tự lắp ráp ra chính nó*** thành ra nó cũng là ***máy tự nhân bản*** (replicator). Mô hình của máy lắp ráp, máy tự nhân bản đã có sẵn trong tế bào, như hệ phân tử của ribosome... Các máy lắp ráp hoạt động theo thông tin mà nó nhận được khi nhận được nhiệm vụ thì kịch bản có thể như sau: lượng định khối lượng công việc để quyết định số nanobot cần có để nhân bản, tiến hành tự nhân bản bằng vật chất, tức là các loại nguyên tử sẵn có ở xung quanh như hydro, oxy, cacbon, nitơ, vi chất khác..., sau đó tiến hành lắp ráp theo chương trình và hoàn thành nhiệm vụ. Giả dụ có một đống rác lớn, cần tái chế để vừa bảo vệ môi trường, vừa tạo ra các vật liệu tái chế quý giá. Muốn vậy phải đưa vào đống rác đó một lượng nanobot cần thiết với các chương trình phần mềm của qúa trình xử lý kèm theo. Những điều trình bày trên đây đã được nêu ra khá chi tiết trong cuốn sách "các hệ nanô, máy móc phân tử, chế tạo và tính toán" của Drexler, xuất bản năm 1992 (NXB John Wiley & Sons Inc.). Trong cuốn sách đó, để chứng minh rằng việc chế tạo các nanobot với các chức năng tự nhân bản, biết lắp ráp v.v... là khả thi vì khá nhiều đòi hỏi của các chỉ tiêu công nghệ để chế tạo chúng hoặc để thực hiện được trong phòng thí nghiệm,

hoặc hoàn toàn khả thi về mặt vật lý. Ví dụ:

- Định vị theo chương trình cho các phân tử với độ chính xác 0,1nm

- Tổng hợp cơ giới đạt trên một triệu thao tác trong 1 giây cho một linh kiện.

- Lắp ráp theo tổng hợp cơ giới các vật có khối lượng 1kg chỉ mất dưới 3 giờ (ở đây Drexler quên số linh kiện cần có, có lẽ phải có tới 10^{15} linh kiện mới đạt được lượng trên).

- Các hệ nanô cơ khí có thể hoạt động với 10^{9} thao tác nguyên tử trong 1 giây (thao tác nguyên tử bằng tách riêng hoặc đặt vào đúng chỗ một nguyên tử).

- Các cổng logic trong máy điện toán có thể thu nhỏ đến thể tích 10^{-8} micromet khối (μ^{3}) v.v...

Một số máy nanô cơ giới ở dạng đơn giản như NEMS đã được chế tạo (xem chương MEMS và NEMS). Bây giờ trở lại ví dụ về xử lý đống rác nói trên. Với các nanobot có thể thực hiện 10^{9} thao tác nguyên tử trong 1 giây, như vậy mỗi nanobot có thể xử lý (10^{9}/số Avogadro) x (phân tử gam) rác bằng ($10^{9}/6.10^{23}$)30g trong 1 giây bằng 5.10^{-14}g trong một giây. Nếu bắt đầu cho các nanobot tự nhân bản, cứ mỗi giây ra một thế hệ mới, trong vòng 1 phút bằng 60 giây, thì số nanobot sinh ra bằng 10^{18}. Sau đó số này xử lý rác sẽ xong $5.10^{-14}.10^{18}$g trong 1 giây, tức là bằng 50 kg trong một giây và trong một giờ thì chúng xử lý xong 18 tấn rác. Nếu muốn nhanh hơn thì cho chúng tự nhân bản lâu hơn.

Nếu đúng như Drexler, dựa trên ý tưởng của Feynman, chứng minh và dự báo về tính khả thi trong việc chế tạo nanobot và sự phát triển của công nghệ chế tạo phân tử, thì quả thực đây là một bước đột biến lớn, một ***đại cách mạng*** về công nghệ trong toàn bộ lịch sử của loài người.

Thế nhưng, cho đến nay chưa thấy xuất hiện trong thực tế mẫu thực nghiệm của nanobot, dù đơn giản. Phái đối lập dẫn đầu bởi Smalley, cho rằng ý tưởng của Drexler chỉ là ảo tưởng. Theo Smalley để gắp một nguyên tử phải dùng một cái kẹp, dù tinh vi đến đâu cũng phải thô hơn nguyên tử dù đó là cái kẹp làm bằng chùm laze. Đã thô hơn, thì làm sao kẹp được rồi đặt được nguyên tử vào đúng chỗ vừa đủ cho một nguyên tử trong khi nguyên tử luôn chuyển động "loăng quăng". Ta có thể hiểu ý này bằng hình ảnh dùng hai gậy tre để gắp một con chuột nhắt đang chạy thả trúng vào miệng một cái lọ. Mặt

khác, dù có gắp được chuột, nó cứ chạy trên gậy mà không chịu rơi vào lọ (!).

Tóm lại phái Smalley cho rằng việc lắp đặt vị trí cho từng nguyên tử bởi các nanobot là hoàn toàn vô nghĩa. Quả thực cho đến gần đây công luận ở Mỹ cũng chưa thấy sự phản đối của trường phái Smalley có tính thuyết phục. Điều còn đáng ngạc nhiên hơn là phái Smalley không nói gì đến sinh học phân tử, ở đây đã thấy rõ hoạt động của các máy nanô là các phân tử có thể tự nhân bản và lắp ghép các protein. Chắc hẳn cũng có người nghĩ rằng việc lắp đặt vị trí cho từng nguyên tử không phải là công việc của chúng sinh mà là thuộc về tài ba của một "đấng tối cao" nào đó?

Qua cuộc tranh luận gay gắt giữa hai trường phái nói trên chúng ta lại thấy rõ rằng chính ở đây đã xuất hiện trở lại câu hỏi lớn nhất của thời đại. Đó là điều kiện tiên quyết nào để tiến từ thế giới vô cơ sang thế giới của sự sống. Cách đây trên 120 năm Ph.Ang-ghen đã viết trong lời nói đầu tác phẩm ***biện chứng của tự nhiên***:"... với những điều kiện hoá học tiên quyết thuận lợi khác, chất nguyên sinh sống sẽ hình thành. Những điều kiện tiên quyết ấy là gì đến nay chúng ta cũng chưa biết".

Chúng ta thấy cả Drexler và Smalley đều không nêu ra các ***điều kiện tiên quyết*** để chế tạo được nanobot có ***tính chất giống như của sự sống***, nghĩa là với kích cỡ phân tử, có khả năng lắp ráp, tự nhân bản. Drexler chỉ đưa ra một số chỉ tiêu cho là khả thi, còn Smalley đưa ra các ẩn dụ để bác bỏ. Có lẽ chỉ có thể chờ đợi chân lý trong thực tế, khi từ một phòng thí nghiệm nào đó thực sự xuất hiện nanobot hoặc một lý thuuyết hoàn chỉnh được chứng tỏ bằng thực nghiệm rằng nanobot không thể tồn tại giống như các động cơ vĩnh cửu.

Cuối cùng là vấn đề nếu có thể chế tạo nanobot thì có nên chế tạo chúng không?. Một sự lo ngại đáng kể đang dấy lên ở trong dư luận. Giả dụ chỉ vì một nhầm lẫn nào đó chế tạo ra loại nanobot "ác quỷ". Chúng tự nhân bản vô hạn bằng cách lấy tất cả các nguyên tử ở xung quanh, tức là phá hỏng tất cả mọi thứ trên mặt đất một cách nhanh chóng ghê gớm, không cái gì có thể cưỡng lại và trên mặt trái đất chỉ còn lại một lớp "Grey Goo" (dịch: lớp nhớp nháp màu xám). Phải chăng đây chỉ là một mối lo viễn tưởng? Dù sao các tiến bộ công nghệ mới cũng cần được thông tin đầy đủ và minh bạch trước công luận với tinh thần trách nhiệm cao của các nhà khoa học.

Chương 3

CHẠY ĐUA VỀ CÔNG NGHỆ NANÔ

Trong các chương trên đã giới thiệu nhiều kết quả kỳ diệu ứng dụng công nghệ nanô, mà chắc chắn chúng sẽ dẫn tới các ưu việt mới của nền kinh tế có vai trò chủ đạo của hệ thống công nghệ do công nghệ nanô dẫn đầu. Đây là một lợi thế cạnh tranh rất lớn cho ai kịp nắm bắt thời cơ của thời đại công nghệ nanô (nanotechnology era). Hơn thế nữa khi một công nghệ có tính cách mạng xuất hiện, ***không nắm bắt sử dụng được nó thì lập tức sẽ bị nó đe dọa,*** đó là bài học của công nghệ hạt nhân, hoá học và sinh học. Vì lẽ đó, trên thế giới đang xảy ra cuộc chạy đua sôi động về phát triển và ứng dụng công nghệ nanô. Dưới đây giới thiệu tóm tắt một số lập luận và thông tin về cuộc chạy đua này trên thế giới.

3.1. CÔNG NGHỆ NANÔ TẠO RA SỨC CẠNH TRANH QUYẾT LIỆT

Trong thập kỷ qua các sản phẩm của nền ***công nghiệp công nghệ nanô*** đã nhanh chóng chiếm lĩnh thị trường, kể cả trong lĩnh vực tinh vi và lĩnh vực bình thường. Doanh số toàn cầu của các lĩnh vực công nghiệp công nghệ nanô ước tính năm 2001 là 45 tỷ USD, trong đó vật liệu nanô chiếm 17%, y tế nanô 14% và điện tử nanô 11% ...

Như trong các phần trên đã phân tích, sản phẩm của công nghệ nanô có nhiều ưu việt, trong đó hai ưu việt chủ yếu là:

a. Vì kích thước cấu trúc nanô thuộc thang nanô nên cực nhỏ làm cho

các sản phẩm dễ vi tiểu hình hoá, do đó tiêu phí ít vật liệu, ít năng lượng, ít hoặc không gây ô nhiễm môi trường và giá thành giảm nhanh khi nhu cầu tăng.

b. Ưu việt chủ yếu hơn lại là các sản phẩm công nghệ nanô có nhiều tính năng mới, không thể thay thế bằng vật liệu khác được. Chi tiết hơn về các sản phẩm của công nghiệp công nghệ nanô ***xin đọc ở các chương sau***. Ở đây chỉ minh họa các tính chất nêu trên bằng một số ví dụ điển hình.

Tất cả các máy điện toán thế hệ mới mà chúng ta dùng đều có ổ đĩa cứng với đầu đọc là một sản phẩm của công nghiệp công nghệ nanô. Đó là một cảm biến nanô, gồm một số lớp nanô từ tính. Các lớp nanô từ tính này có một tính chất đặc thù là khi có từ trường tác động thì xảy ra sự biến đổi điện trở rất mạnh. Khi điện trở kim loại phụ thuộc vào từ trường ta nói là có ***hiệu ứng từ điện trở*** (magneto-resistance effect). Người viết chương sách này, cách đây hơn 40 năm đã nghiên cứu hiệu ứng từ điện trở ở các lớp nanô sắt từ Ni-Fe (permalloy), đã đạt nhiều kết quả mới lại và trên cơ sở đó hoàn thành luận văn Tiến sĩ Khoa học tại Trường Đại học Tổng hợp Lômônôxôp Matxcơva. Gần đây ở các phòng thí nghiệm tiên tiến đã nghiên cứu hiệu ứng từ điện trở ở trên các lớp nanô sắt từ kép và phát hiện hiệu ứng ***từ điện trở khổng lồ*** (Giant Magnetoresistance - GMR). Nhờ hiệu ứng này đã chế tạo ra đầu đọc cực nhạy cho các ổ đĩa cứng. Từ đó dung lượng đĩa cứng đã được tăng lên 10 ÷ 15 lần, trước đây vài trăm triệu bit (Mb) nay đã đạt tới vài chục tỷ bit (Gb). Cũng từ công nghệ nanô đã xuất hiện bộ nhớ MRAM (Magnetic Random Access Memory) là bộ nhớ từ tính truy cập ngẫu nhiên rất hiệu quả.

Công nghệ nanô đã nhằm mục tiêu hàng đầu là ngành công nghiệp máy điện toán và viễn thông, vì ở đây cần dung lượng cao và tốc độ lớn. Nhiều dự báo khẳng định vai trò cách mạng của công nghệ nanô đưa ngành công nghệ thông tin (CNTT) lên một bước nhảy vọt mới tới ***điện toán lượng tử*** và ***truyền thông lượng tử***. Đây cũng là sự kiện thách đấu quyết liệt sẽ xảy ra trong các thập kỷ đầu của thế kỷ này.

Cần chú ý rằng CNTT vốn là ngành công nghệ cao dẫn đầu hệ thống công nghệ mới từ vài thập kỷ nay. Bởi vậy việc tích hợp CNTT với công nghệ nanô là tất yếu. Trước đây, trong nước ta cũng như trong tài liệu khoa học thế giới, đều kể ra các ngành công nghệ cao trong tốp đi đầu là: Công nghệ Thông tin, Công nghệ Sinh học, Công nghệ Vật liệu mới... Hiện nay hầu hết

tài liệu quốc tế đều ***thay Công nghệ Vật liệu mới bằng Công nghệ Nanô***, và còn táo bạo hơn khi dự báo rằng cả ba loại Công nghệ Nanô, Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thông tin sẽ không còn tách riêng nữa và chúng tích hợp với nhau làm một để tạo ra một nền tảng công nghệ phổ quát (universal) cho tương lai. Dự báo này rất có triển vọng và hợp lý, thậm chí có cả yếu tố tất yếu trong việc tích hợp chúng ngay trong giai đoạn hiện nay, ví dụ giữa Công nghệ Nanô và Công nghệ Sinh học để phát triển các loại công nghệ phân tử trong y tế và nông nghiệp, cũng tương tự như vậy sự tích hợp giữa công nghệ nanô với CNTT sẽ thúc đẩy sự ra đời máy điện toán lượng tử.

Đặc biệt các loại vật liệu nanô được chú ý và sớm đưa vào ứng dụng, đạt đến 17% doanh số chung của các sản phẩm nanô. Phần lớn các ứng dụng này là sự thay thế vật liệu nanô vào các vật liệu của công nghệ cũ, tạo ra hiệu quả mới với chất lượng cao hơn và giá thành hạ hơn. Có thể kể ra một số lĩnh vực sau đây:

a. Lĩnh vực phân tán và bao phủ hạt nanô

Vì các hạt nanô có diện tích mặt ngoài rất lớn, có thể gây nên những hiệu quả bất ngờ khi làm phân tán và bao phủ (dispersion and coating) chúng ở thang nanô trên hoặc trong các vật liệu, linh kiện. Ví dụ khi phủ các bột hạt tinh thể nanô (nanocrystalline powder) làm tăng độ bền và tính dẻo dễ nén theo khuôn của một số gốm, compodit, hợp kim... Có thể kể ra một loạt các loại sản phẩm do phân tán và bao phủ hạt nanô: mực in phun, chụp ảnh điện, dược phẩm, thuốc trừ sâu, chất bôi trơn, linh kiện điện tử, kính và vải không dính nước...

b. Lĩnh vực vật liệu có diện tích mặt ngoài cao

Vì các hạt nanô có diện tích mặt ngoài cao hơn hẳn các vật liệu cổ điển, nên chúng được dùng rất hiệu quả vào các trường hợp:

- Vật liệu có vi lỗ xốp dùng để lưu trữ năng lượng và để phân ly với tính lọc lựa cao.

- Vật liệu cách nhiệt dùng cho các cỗ máy nhiệt độ cao.

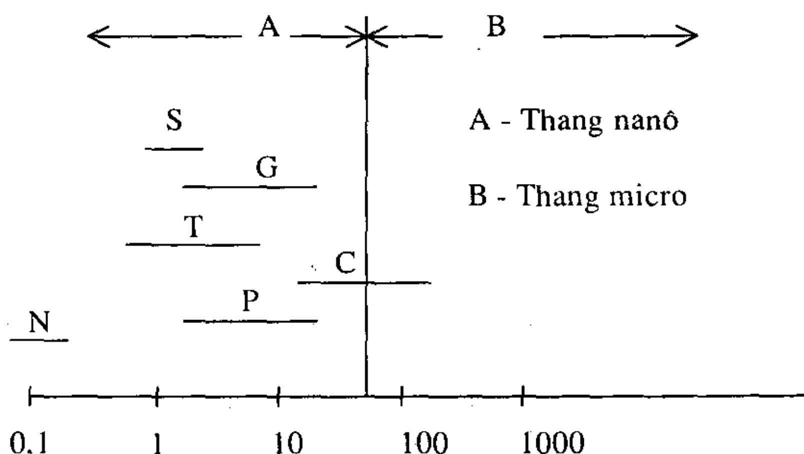
- Vật liệu xúc tác cho mọi quá trình hoá dầu.

- Tách chiết sinh hoá và dược phẩm.

- Dùng trong ăcquy và điện dung chất lượng cao.
- Đưa vào trong vật liệu chế tạo công nghệ để nâng cao độ bền...

c. Linh kiện chức năng ở thang nanô

Các công cụ kỹ thuật hiện nay đã cho phép chế tạo được các cấu trúc nanô có kích thước từ 0,1 đến 50nm, do đó đã đưa vào ứng dụng chế tạo các linh kiện chức năng cho kỹ thuật điện tử nanô, minh họa bằng hình vẽ 1 dưới đây, linh kiện đã thương mại hoá cho ở bảng 1, 2.



Hình 3.1: **Thang các linh kiện chức năng**

N - Nguyên tử; P - Phân tử;
C - Chấm lượng tử; T - Ống nanô
G - Lớp từ điện trở khổng lồ (GMR)
S - Linh kiện tranzito đơn điện tử (SET)

d. Vật liệu cấu trúc hoá nanô (nanostructured materials)

Đó là các vật liệu rắn ở thể khối lớn mà ở trong nó được xử lý để có các cấu trúc nanô, ví dụ có các hạt nanô, tấm mỏng nanô v.v... Các loại vật liệu này, được cấu trúc hoá nanô như vậy, thường thay đổi tính năng so với lúc chưa có xử lý. Những tính chất cơ, điện, từ... đều có đột biến. Ví dụ thép vônfram - côban (WC/Co) sau khi xử lý cấu trúc hoá nanô có độ cứng tăng lên gấp đôi; bêtông (không cần cốt thép) chứa các hạt nanô có độ bền kỷ lục, thậm chí một số thép thường sau khi xử lý trở nên không hoặc khó rỉ...

đ. Các hạt nanô, các linh kiện và vật liệu đã cấu trúc hoá nanô và mối quan hệ sinh học của chúng

Vì các phân tử sinh học chủ yếu như ADN, protein, enzim... đều là các cấu trúc nanô, nên giữa chúng và các đối tượng cấu trúc nanô nhân tạo nói trên có một mối quan hệ nhất định. Mối quan hệ đó được nghiên cứu mạnh gần đây nhằm ứng dụng vào nhiều lĩnh vực, mà trước mắt là lĩnh vực y tế với hướng nhằm tạo ra các linh kiện, bộ phận dễ thích nghi sinh học.

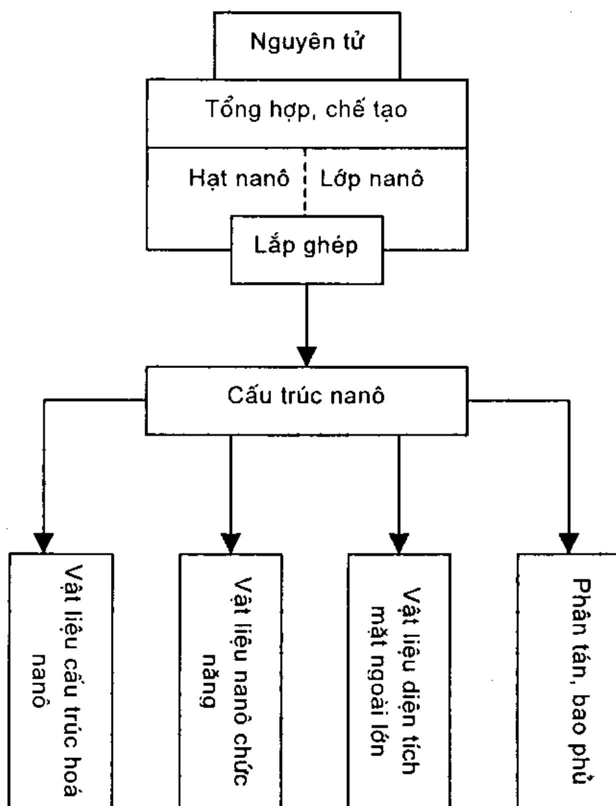
Bảng 1. Bộ nhớ flát dùng chấm lượng tử (CLT)

Hãng sản xuất	IBM	Hitachi	Fujitsu	Sony
Vật liệu nền	Silic trên cách điện	Silic đa tinh thể	Silic trên cách điện	Ga As
Vật liệu CLT	Silic đa tinh thể	Silic đa tinh thể	Silic đa tinh thể	In As
Phương pháp chế tạo CLT	Chùm điện tử/ ăn mòn	Chùm điện tử/ ăn mòn	Chùm điện tử/ ăn mòn	Nuôi cấy tự lắp ghép
Kích thước CLT (nm)	30x20x8	10 (ước đo)	30x20x25	25 x 4
Thế ngưỡng (V)	0,75/2	(0,5 - 1,0)/2	0,1/2	0,45/2
Ghi/ Xoá	3V	15V/ 10V	4V	> 1V
Thời gian duy trì	> 1 tuần	1 - 24 giờ	-	105
Mạch	-	LSI 128Mb	-	-

Bảng 2. Laze CLT

Năm	Nơi chế tạo	Thành phần/ kích thước	Ngưỡng phát (kA/cm^2)	Nhiệt độ làm việc T(K)	Bước sóng phát (µm)
1994	Châu Âu, Nga	InAs/7nm	1; 0,1	300; 77	0,9; 0,95
1995	Nhật	In0,5Ga0,5As 20nm	0,8	85	0,92
1996	Mỹ	In0,4Ga0,6As 12	0,65	300	1

Có thể tóm tắt các vấn đề của việc ứng dụng vật liệu nanô bằng sơ đồ trên hình vẽ 3.2.



Hình 3.2: **Sơ đồ phát triển ứng dụng công nghệ nanô**

Sự phát triển và trưởng thành của công nghệ nanô đặt ra những vấn đề lớn cho các công ty, trước hết là các công ty đa quốc gia khổng lồ. Đó là việc tăng cường các đơn vị nghiên cứu và phát triển công nghệ nanô, kịp thời và nhanh chóng đưa ra các sản phẩm mới để cạnh tranh. Hiển nhiên các sản phẩm dựa trên quy trình cũ, tức là công nghệ thang micro, vẫn được tiếp tục sản xuất một thời gian nữa vừa để lợi dụng ưu thế thời kỳ khấu hao thiết bị đã hết, vừa để đáp ứng yêu cầu hậu mãi của các sản phẩm cũ. Nhưng rõ ràng đây là một quyết định khó khăn và nhiều chính phủ phải ra tay hợp tác để cùng vượt qua.

3.2. TIỀM NĂNG GIẢI QUYẾT CÁC BÀI TOÁN CỦA NHÂN LOẠI CÓ TÍNH TOÀN CẦU

Bước sang thế kỷ 21, nhiều vấn đề lớn của nhân loại được đặt ra mang tính toàn cầu. Có những vấn đề thuộc về lĩnh vực xã hội như chiến tranh, phân cực giàu nghèo, tệ nạn xã hội v.v... Có những vấn đề liên quan nhiều đến khoa học và công nghệ như nâng cao chất lượng chữa bệnh và bảo vệ sức khoẻ, một nguồn năng lượng phong phú, an toàn và rẻ tiền cho phát triển, phục hồi môi trường và bảo vệ môi trường, hệ sinh thái... Dưới đây trình bày tiềm năng to lớn của công nghệ nanô giải quyết các bài toán của nhân loại có liên quan với khoa học và công nghệ (KH & CN).

a. Công nghệ nanô và vấn đề sức khoẻ và y tế

Nhiều bệnh tật nan y đang tồn tại và xuất hiện thêm làm lo ngại toàn nhân loại, các loại bệnh nan y cổ điển: ung thư, liệt rung (Parkinson), nhũn não, mất trí (Alzheimer), các bệnh di truyền...; các bệnh truyền nhiễm vi khuẩn mới: HIV/AIDS, SARS, ERBOLA...; các bệnh chức năng như tim mạch, cao huyết áp, tiểu đường, béo phì... Mọi người đều phải đối phó với rủi ro, không cứ nghèo, người giàu cũng vẫn có thể chết bệnh, mặc dầu rằng nhìn chung tuổi thọ trung bình cao hơn ở các nước có kinh tế phát triển hơn.

Ước vọng hàng đầu của loài người hiện nay là mọi người được hưởng dịch vụ y tế toàn diện, chất lượng cao, chủ động được sức khoẻ của mình. Trên toàn thế giới, người thân gặp nhau đến chúc nhau "sức khoẻ tốt", vì hiện nay sức khoẻ còn đương là chuyện ngẫu nhiên, rủi ro (!). Lý do dễ hiểu vì loài người hiện nay đã bay vào vũ trụ, nhìn xa vào vũ trụ tới khoảng cách hàng chục tỷ năm ánh sáng, khoan sâu vào lòng đất đến hơn 10km, trong khi còn ***rất thiếu hiểu biết về chính bản thân mình, cơ thể mình.***

Gần đây nhờ những thành tựu của di truyền học, sinh học phân tử, công nghệ sinh học (CNSH)..., đã lập được bản đồ ***bộ gien người*** và đi tới kết luận quan trọng là ***cơ chế chủ yếu của sự sống nói chung, của cơ thể chúng ta nói riêng đều tuân theo các quy luật về các tính chất, hành vi của các phân tử nói chung, phân tử sinh học nói riêng, nghĩa là thuộc vào thang nanô.*** Các bloc phân tử xây dựng nên sự sống như protein, axít nhân (ADN), chất béo (lipit), chất cacbon - hydrat (carbohydrate), enzim, v.v... đều là các ví dụ về loại vật liệu có các tính năng độc đáo xác định bởi kích thước, nếp gấp,

cấu hình của chúng ở thang nanô. Bởi vậy việc ứng dụng công nghệ nanô vào việc bảo vệ, sửa chữa các sai lệch trong hệ thống các cấu trúc nanô phân tử của sự sống là hiển nhiên, mang lại hiệu quả lớn và thực tế đã chứng tỏ như vậy (xem chương "Công nghệ nanô trong y sinh học" trong sách này). Có thể nêu lên một số ưu việt chủ yếu của việc ứng dụng công nghệ nanô vào y tế như sau:

a. Tăng cao tốc độ và hiệu quả trong chẩn đoán và điều trị.

b. Bảo vệ sức khoẻ có hiệu lực và ít tốn kém bằng việc sử dụng các linh kiện điều khiển từ xa và ở trong cơ thể.

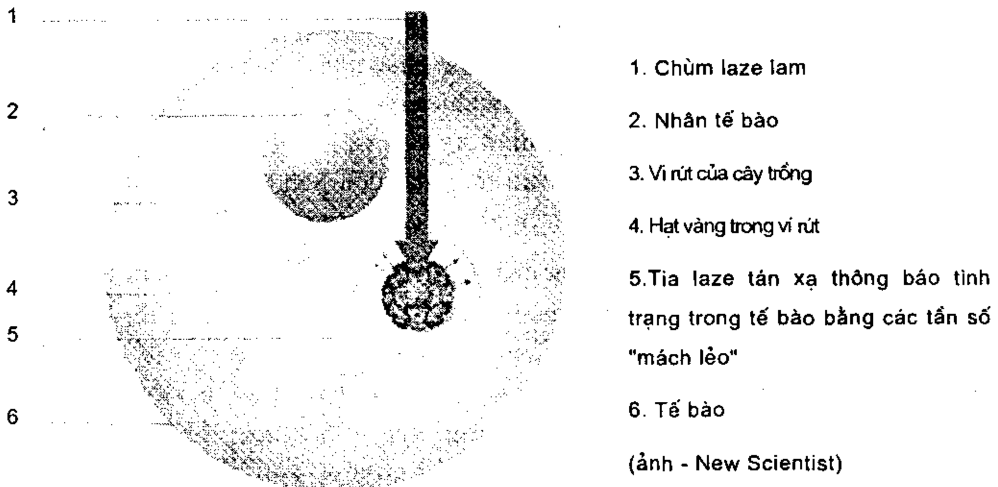
c. Nhiều công thức, lộ trình mới để chuyển thuốc đến chỗ cần của cơ thể, mở rộng cao độ tiềm năng điều trị bằng việc đưa nhiều loại thuốc mới đến trúng mục tiêu, ngay cả những nơi mà trước đây không truyền tới được.

d. Có nhiều cơ quan nội tạng và mô nhân tạo chống thải bỏ lâu dài.

đ. Có nhiều phương tiện mới trợ thính và trợ thị.

e. Có nhiều loại cảm biến phát hiện bệnh mới phát sinh trong cơ thể, chuyển sự tập trung của khách hàng từ chữa bệnh sang phòng ngừa và phát hiện sớm bệnh.

Ảnh 1: **Mô tả hạt vàng nanô "chẩn bệnh" trong tế bào.**



Việc ứng dụng thành tựu của công nghệ nanô vào y tế, bảo vệ sức khoẻ sẽ tạo ra bước nhảy vọt mới của thị trường dịch vụ y tế và thiết bị y tế. Đối tượng hàng đầu là các bệnh nan y như ung thư, HIV, AIDS...

b. Công nghệ nanô và vấn đề năng lượng

Trong thế kỷ này vấn đề năng lượng nổi lên như một thách thức nghiêm trọng vì nguồn dầu khí rẻ tiền trở nên cạn kiệt; nguồn năng lượng phân rã hạt nhân chứng tỏ quá nguy hại, khó lường, cả trước mắt và lâu dài; nguồn năng lượng tổng hợp hạt nhân bị khó khăn về kỹ thuật, chưa hứa hẹn gì chắc chắn; nguồn năng lượng than hoặc sinh khối tăng phát thải khí ô nhiễm và CO_2 gây biến đổi khí hậu toàn cầu; thủy năng đã khai thác quá mức lại thêm nạn phá rừng và ảnh hưởng những hồ, đập lớn đe dọa các hệ sinh thái; ngoài năng lượng mặt trời các nguồn năng lượng khác đều chưa hứa hẹn gì cho tương lai.

Năng lượng mặt trời đúng là nguồn gốc của sự sống trên trái đất, nhưng nó có những nhược điểm lớn: không thường xuyên, liên tục do thay đổi ngày - đêm, do thời tiết bất thường; mật độ thấp, tối đa khoảng $1kW/m^2$ do đó khó biến thành các nguồn điện năng lớn cần thiết thay thế cho các nguồn hiện nay, trên thế giới hiện nay tổng nguồn điện pin mặt trời được lắp đặt ở Mỹ, EU và Nhật khoảng 150MWe, giá thành còn cao, ở Việt Nam mới có khoảng vài trăm KWe, giá kể cả lắp đặt đến 7 - 8000USD/kW, nhưng nếu tính cả vòng đời (15 - 20 năm) thì giá điện có thể chấp nhận được.

Như vậy vấn đề cốt lõi để phổ biến dùng năng lượng mặt trời hiện nay là: giảm giá thành bằng nâng cao hiệu suất biến năng lượng mặt trời thành điện năng (hiện khoảng 10 - 25%) và chuyển năng lượng bức xạ thành nhiều dạng khác như sinh khối (qua quang hợp), khí hydro qua quá trình quang phân...

Công nghệ nanô có những tiềm năng to lớn để đạt các mục tiêu trên đây. Đã tiến hành thực nghiệm trong phòng thí nghiệm và đưa vào ứng dụng một số loại pin mặt trời mới ứng dụng công nghệ nanô. Đã chế tạo các pin mặt mặt trời bằng các lớp mấp mô ***các hạt tinh thể nanô*** bán dẫn, các chấm lượng tử cách ly hoặc xếp chặt thành dãy trật tự/ không trật tự. Loại pin mặt trời khác là các chấm lượng tử nuôi cấy ghép ***tự sắp xếp*** hai chiều hoặc ba chiều, loại khác dùng các hạt tinh thể nanô của oxyt có dải cấm rộng (như TiO_2) hoạt động trong tế bào quang điện hoá... Nhiều pin mặt trời mới với hiệu suất cao đã xuất hiện, là kết quả ứng dụng công nghệ nanô.

Các tinh thể nanô và các cấu trúc nanô bán dẫn đã được ứng dụng rất có hiệu quả như các vật liệu quang hoạt để sử dụng photon ánh sáng mặt trời chuyển các ***phân tử thông thường*** thành ***nhiên liệu*** và ***hoá chất***. Ví dụ quang phân nước thành khí hyđrô nhiên liệu, quang hoàn nguyên CO_2 thành rượu và nhiên liệu hyđrô - cácbon...

Các sản phẩm trên đây dễ chế tạo, dễ sử dụng và giá thành hạ có tiềm năng cung cấp nguồn năng lượng điện vô tận, giá rẻ cho mọi người. Việc quang phân nước ra hyđro làm chạy pin nhiên liệu sẽ làm thay đổi cơ bản ngành giao thông vận tải. Việc chuyển từ năng lượng mặt trời sang nhiều dạng năng lượng khác như trên lại hoàn toàn không gây ô nhiễm và không phát thải CO_2.

Một bước đột biến khác về năng lượng mà công nghệ nanô mang lại là tiềm năng thay đổi cơ bản quá trình chuyển đổi năng lượng từ nhiên liệu qua máy đốt thành điện hoặc từ điện qua máy nén khí để làm lạnh với hiệu suất thấp và gây ô nhiễm. Một số loại vật liệu nanô có hiệu ứng nhiệt điện đặc biệt cao, vật liệu đó làm chuyển đổi trực tiếp mà không cần qua động cơ, gọi chúng là ***máy chất rắn nanô*** (all - solid - state nanoconvertor). Như vậy công nghệ nanô đã làm tiết kiệm rất lớn năng lượng. Tiết kiệm năng lượng nhất là năng lượng điện sẽ giảm nhẹ thách thức hiện nay. Một ví dụ về vấn đề tiết kiệm năng lượng mà hạt nanô mang lại rất đáng kinh ngạc. Hiện nay hàng tỷ cỗ máy đang hoạt động phải dùng chất lỏng (nước, dầu...) để làm nguội hoặc làm nóng (ví dụ để sấy). Thực tế chứng tỏ rằng nếu pha vào các chất lỏng đó một lượng hạt nanô cần thiết thì ta có ***chất lỏng nanô*** (nanofluids) với độ dẫn nhiệt và tốc độ truyền nhiệt sẽ cao hơn hẳn, mang lại lợi ích khổng lồ.

Trong các máy điện hiện nay dùng rất nhiều vật liệu từ, từ cứng như nam châm, từ mềm như trong rôto v.v... Một số vật liệu nanô khi dùng để chế tạo vật liệu từ sẽ giảm hẳn tổn hao năng lượng khi máy hoạt động và nâng cao tính năng từ của nam châm. Vì số máy điện hiện dùng có mặt ở mọi ngành công nghiệp và ở khắp nơi, nên sự tiết kiệm này là rất lớn,

Ở các phần trên cũng đã nói đến sự nâng cao tính năng của vật liệu sắt thép nhờ công nghệ nanô. Điều này cũng dẫn đến việc tiết kiệm được vật liệu và do đó cũng đóng góp vào tiết kiệm năng lượng.

Từ những kết quả đã đạt được, có thể thấy trong thập kỷ tới các hướng ưu

tiên trong nghiên cứu ứng dụng công nghệ nanô vào vấn đề năng lượng sẽ là:

- Nghiên cứu hoàn thiện để thương mại hoá rộng rãi với giá rẻ các loại pin mặt trời hiệu suất cao dựa trên vật liệu nanô.

- Chất xúc tác nanô để nâng cao hiệu suất chuyển năng lượng của hyđrocacbon thành nhiệt năng, chất xúc tác nanô và màng nanô để phát triển các loại pin nhiên liệu đa năng có thể dùng nhiều loại vật liệu làm nhiên liệu.

- Vật liệu nanô làm máy nhiệt điện và máy lạnh loại mới để nâng cao hiệu suất chuyển đổi nhiệt - điện.

- Vật liệu nanô để chế tạo các loại vật liệu điện từ mới, các thiết bị điều khiển mới nhằm tiết kiệm năng lượng và bảo đảm an toàn cho mạng lưới năng lượng nói chung, năng lượng điện nói riêng.

c. Công nghệ nanô và vấn đề môi trường

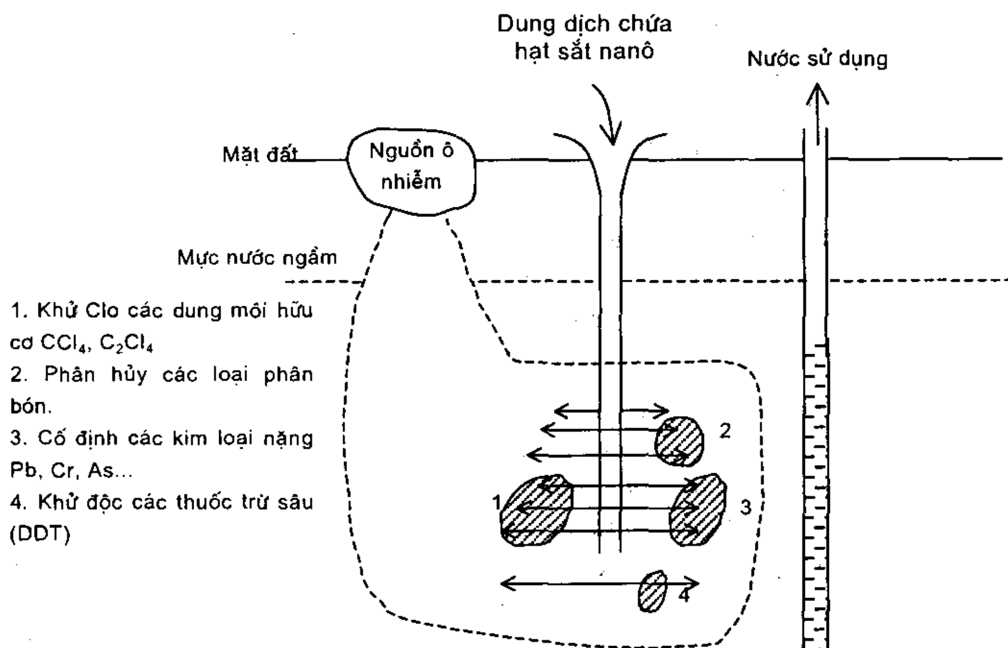
Môi trường là vấn đề toàn cầu rất bức xúc của nhân loại. Nghị định thư Kyoto còn đang bị treo bởi những nước phát thải CO_2 nhiều nhất, mặc dầu tác động của hiệu ứng nhà kính do khí này gây ra đã là một thực tế đe dọa. Thời tiết bất thường trong những năm gần đây, báo hiệu thảm họa của biến đổi khí hậu toàn cầu chắc chắn sẽ tới nếu không có hành động kiên quyết.

Khi công nghệ nanô được ứng dụng để thay đổi cơ cấu năng lượng, với thành phần năng lượng tái tạo mà trước hết là năng lượng mặt trời tăng dần, thì đó chính là một đóng góp quan trọng vào việc giải quyết vấn đề môi trường và cụ thể là vấn đề biến đổi khí hậu toàn cầu.

Nếu nhìn rộng thì vấn đề môi trường, sự cân bằng của hệ sinh thái đều là các vấn đề mà nguồn gốc của chúng ***chỉ có thể hiểu được và xử lý được ở mức phân tử, tức là ở thang nanô***. Thực vậy các quá trình vật lý và hoá học ở thang nanô quyết định hiện tượng thu gom hoặc phát tán các chất dinh dưỡng hoặc các chất gây độc. Các cấu trúc keo hoặc xon khí là các vị trí mà ở đó xảy ra tương tác phức tạp với vi khuẩn để biến một tập hợp rộng rãi các hợp chất vô cơ và hữu cơ thành có tính hữu dụng sinh học nhiều hoặc ít. Các hạt nanô có mặt ngoài hoạt tính cao có thể hấp thụ hoặc vận chuyển chất gây ô nhiễm thành dạng keo huyền phù hoặc xon khí. Các hạt này cũng tham gia vào quá trình hoá học phức tạp trong khí quyển hoặc trong đất mà ta có thể lựa chọn để khắc phục hoặc làm giảm nhẹ các thảm họa môi trường.

Một số ứng dụng vật liệu nanô để làm giảm ô nhiễm môi trường đã đạt hiệu quả tích cực. Pha các hạt nanô oxyt cesium vào mazút làm cho nhiệt độ đốt cháy các hạt bụi khói giảm xuống, do đó làm giảm ô nhiễm của khí thải. Các hạt bụi sắt nanô có tính oxy hoá cao, khi bơm hạt sắt nanô hòa trong một chất lỏng thích hợp xuống gần các hố chôn rác thì khi các hạt này oxy hoá, nó sẽ làm cho nhiều chất hữu cơ cùng tham gia quá trình oxy hoá và bị phân hủy và không còn gây độc hoặc bị kìm giữ mà không khuếch tán lan trong nền đất.

Theo tài liệu của cơ quan chuyên trách của Liên Hiệp Quốc thì vấn đề nước ngọt bị suy giảm mạnh nổi lên thành ***vấn đề số 1*** của nhân loại ngay từ đầu thế kỷ này với số dân còn đang tiếp tục tăng cao. Thậm chí có dự báo chiến tranh vì nguồn nước, đặc biệt ở các vùng sa mạc và khô hạn như Trung Đông. Bởi vậy đảm bảo một nguồn nước ngọt dồi dào, rẻ tiền là đặc biệt bức xúc.

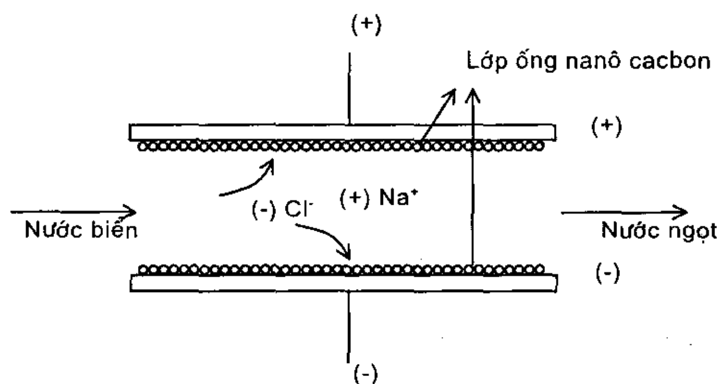


Hình 3.3: **Sơ đồ ứng dụng hạt Fe nanô để khắc phục hậu quả ô nhiễm, bảo vệ môi trường (nước ngầm) (Theo Wei Xian Zhang)**

Người ta nghĩ đến biện pháp lọc nước mặn thành nước ngọt. Ý tưởng thì tốt nhưng biện pháp lọc, được dùng trước đây, chủ yếu là ***tinh chế*** nước biển

(đun nóng làm bay hơi rồi ngưng tụ) hoặc ***thẩm thấu ngược*** (reverse osmosis), đều tiêu tốn nhiều điện năng và nước ngọt có giá thành cao.

Gần đây, nhờ công nghệ nanô, phát minh phương pháp mới gọi là phương pháp ***chảy qua điện dung*** (Flow Through Capacitor - FTC). Dùng 2 điện cực đặt song song, một nối điện (+), một nối điện (-), đó là một mô hình của dụng cụ điện gọi là ***điện dung*** (capacitor). Cho nước biển chảy qua điện dung. Trong nước biển có muối mặn phân ly thành các iôn dương như Na^+, K^+, Ca^+... và các iôn âm Cl^- , SO^-_3..., các ion (+) bị hút bởi điện cực (-), các iôn (-) bị hút bởi điện cực (+), nước chảy ra là nước ngọt. Ý tưởng này trước đây không khả thi vì diện tích các điện cực không đủ để giữ các ion khi nước biển chảy qua. Nhờ công nghệ nanô có thể dùng ***ống nanô cacbon*** (xem chương Fulơren và ống nanô cacbon) dẫn điện tốt mà diện tích tiếp xúc lại cực lớn (chỉ cần 1g ống nanô cacbon có thể có diện tích tiếp xúc $1000m^2$) để làm điện cực. Theo số liệu ban đầu phương pháp FTC tiêu thụ 0,5kWh/$1m^3$ nước ngọt. Nếu giá điện là 7cent/kWh thì theo tiền ĐVN sẽ tốn khoảng 560đ/m^3 và cộng với các chi phí khác người ta thấy đó là giá thành rất hạ so với giá nước hiện nay ở các thành phố Châu Âu (có thể tới 5USD/m^3). Đáng chú ý là trong phương pháp thẩm thấu ngược người ta ***rút nước ra khỏi muối***, còn ngược lại ở phương pháp FTC người ta lại ***rút muối ra khỏi nước***.



Hình 3.4: **Sơ đồ lọc nước biển thành nước ngọt theo công nghệ FTC**

Trong mục 3.2 này chúng ta thấy công nghệ nanô có vai trò rất to lớn và rất có triển vọng để giải quyết các vấn đề có ý nghĩa thời đại của toàn thế giới. Tất nhiên công nghệ chỉ phát huy được khi nó được sự ủng hộ của xã hội

để vượt qua các rào cản độc quyền và có thể được chuyển giao tự do cho những nơi có điều kiện tham gia cạnh tranh trong thị trường toàn cầu. Trong mục này cũng chỉ nêu lên những ***năng lực nổi trội*** của công nghệ nanô, còn rất nhiều chi tiết lý thú của những ứng dụng khác xin bạn đọc theo dõi ở các chương khác.

Tuy nhiên cũng đang có dư luận rằng công nghệ nanô có thể được sử dụng làm loại vũ khí giết người hàng loạt (WMD) còn nguy hiểm hơn cả vũ khí hạt nhân và vũ khí sinh học và đặc biệt nguy hại cho môi trường. Về vấn đề này sẽ giới thiệu một số thông tin ở cuối chương.

3.3. SỰ PHÁT TRIỂN CÔNG NGHỆ NANÔ TRÊN THẾ GIỚI

Công nghệ nanô gần đây trở thành một mũi nhọn nghiên cứu phát triển trên thế giới, mặc dầu khoa học nanô thì đã bắt đầu từ thập kỷ 60 của thế kỷ trước. Đến những năm 90 của thế kỷ trước, những ứng dụng quan trọng của công nghệ nanô đã gây chấn động trong giới khoa học và kinh doanh. Một tờ báo khoa học nổi tiếng của Mỹ là tờ Scientific American (Người Mỹ khoa học) lúc đầu nghi ngờ nhưng sau đó tự nhận là sai. Đến năm 2000 khi Tổng thống Clinton phát động "Sáng kiến quốc gia Công nghệ nanô" (National Nanotechnology Initiative - NNI) với ngân sách hàng trăm triệu USD (mà nay đã lên tới hàng tỷ USD) thì sự chú ý của thế giới về công nghệ nanô càng tăng. Trong toàn cầu hoá, cạnh tranh và hợp tác giữa các nước về công nghệ nanô đang rất sôi động. Tất nhiên vai trò dẫn đầu luôn thuộc về ba động cơ kinh tế của thế giới: Mỹ, EU, Nhật Bản. Các nước lớn khác như Trung Quốc, Nga, Ấn Độ cũng có nhiều cơ sở khoa học và công nghệ nghiên cứu phát triển công nghệ nanô. Dưới đây giới thiệu một số nét chủ yếu về tình hình phát triển công nghệ nanô và nêu ra một số xu thế đáng chú ý của lĩnh vực này.

3.3.1. CHƯƠNG TRÌNH NNI, HOA KỲ

Sau khi ký quyết định thành lập chương trình NNI năm 2000 với ngân sách 270 triệu USD, Tổng thống Mỹ Clinton, ngày 21 - 1 - 2001 đến Viện Công nghệ California, một cái nôi của các công nghệ cao, công bố tăng ngân sách cho NNI trong năm 2001 lên gần gấp hai lần, tức 495 triệu USD, và nói rõ mục tiêu của NNI là: "Ngân sách của tôi tài trợ một ***sáng kiến quốc gia công nghệ nanô*** mới và lớn lao, giá trị 500 triệu USD, năng lực thao tác vật

chất ở mức từng nguyên tử và phân tử. Hãy hình dung các khả năng: vật liệu có độ bền mười lần hơn thép mà trọng lượng chỉ bằng một phần nhỏ... tất cả thông tin chứa trong nhà Thư viện Quốc hội thu gọn vào một linh kiện có kích thước như một viên đường... phát hiện những khối u ung thư khi chúng mới chỉ phát sinh với một ít tế bào. Một số các mục tiêu nghiên cứu của chúng ta có thể phải mất 20 năm hoặc nhiều hơn để hoàn thành, nhưng đấy lại chính xác là chỗ mà Chính phủ Liên Bang có vai trò quan trọng".

Chính phủ Mỹ đã tổ chức NNI như một chương trình liên ngành gồm; Quỹ Khoa học Quốc gia (NSF), Bộ Quốc Phòng (DOD), Bộ Năng lượng (DOE), Viện Sức khoẻ quốc gia (NIH), Cơ quan Hàng không Vũ trụ (NASA), Bộ Thương mại với Viện Quốc gia về Tiêu chuẩn và Công nghệ (NIST), vốn mà NNI được cấp từ ngân sách thường dành 70% để thúc đẩy nghiên cứu về công nghệ nanô ở các trường đại học.

Từ đó ngân sách dành cho NNI tăng hàng năm: năm 2002 là 520 triệu USD, năm 2003 trên 700 triệu USD, năm 2004 dự kiến 800 triệu USD trong số 3,7 tỷ USD trong 5 năm (2004 - 2008) mà chính quyền Bush đã quyết định. Nếu kể cả đầu tư cho công nghệ nanô của ***Cơ quan các Dự án Quốc phòng tiên tiến*** (Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA) thì kinh phí nghiên cứu công nghệ nanô từ ngân sách còn lớn hơn nhiều.

Về tầm chiến lược Hoa Kỳ nhận định NNI có vai trò "***Dẫn tới Cách mạng công nghiệp tiếp theo***" và Khoa học và Công nghệ nanô có tiềm năng nhất ***tạo ra các đột phá của ngày mai.***

Nhà hoá học R. Smalley, người được giải Nobel về phát minh ra loại vật liệu nanô là fulơren, đứng đầu NNI. Chương trình này tập trung vào 7 hướng trọng điểm:

- Kỹ thuật điện tử lưu trữ thông tin khối lớn (mass storage) với bộ nhớ có dung lượng nhiều terabit (terabit = nghìn tỷ bit) tăng độ cô gọn diện tích ghi 1 bit xuống hàng nghìn lần.

- Chế tạo vật liệu và sản phẩm theo quy trình ***từ dưới lên*** bằng cách chế tạo thành vật liệu từ từng nguyên tử, phân tử, nhằm tốn ít nguyên liệu và giảm ô nhiễm môi trường.

- Phát triển các vật liệu có độ bền gấp mười lần thép nhưng trọng lượng chỉ bằng một phần, để chế tạo các loại phương tiện chuyên chở nhẹ hơn ở trên

đất liền, dưới biển, trên không và vào vũ trụ và sử dụng nhiên liệu hiệu quả hơn.

- Tăng tốc độ máy điện toán, hiệu quả các tranzito cực nhỏ và chip bộ nhớ lên một triệu lần (để cho các chip pentium đời chót trở nên chậm).

- Dùng gien và cách dẫn thuốc để phát hiện tế bào ung thư bằng cách chế tạo theo công nghệ nanô các tác nhân tạo sắc nét ảnh cộng hưởng từ, hoặc nhằm thẳng mục tiêu là các cơ quan nội tạng của cơ thể.

- Thải lọc các chất độc kể cả ở dạng vết cực ít ra khỏi nước và không khí để tạo môi trường sống sạch hơn và nước uống sạch hơn.

- Tăng gấp đôi hiệu suất của pin mặt trời.

Về tầm dài (trên 5 năm) thì khoa học nanô cơ bản và công nghệ nanô định hướng vào các nghiên cứu với kết quả có tiềm năng gây đột phá trong các lĩnh vực: vật liệu và chế tạo (manufacturing), điện tử nanô, y học và bảo vệ sức khoẻ, công nghiệp hoá chất và dược phẩm, công nghệ sinh học và nông nghiệp, tính toán và công nghệ thông tin, và an ninh quốc gia.

Ở Hoa Kỳ các công ty đa quốc gia khổng lồ, một số doanh nghiệp nhỏ, các tập đoàn cũng tiến hành nghiên cứu và phát triển công nghệ nanô các hãng lớn như Dupont, Kodak, Hewlett-Packard, Hughes Electronics, Lucent, Motorola, IBM, Intel, Texas Instrument, Bell Lab, Xerox... cũng có các phòng thí nghiệm nghiên cứu về công nghệ nanô với tổng chi phí nghiên cứu tương đương với ngân sách chính phủ dành cho công nghệ nanô.

Các trường đại học lớn đều xây dựng các phòng thí nghiệm khoa học và công nghệ nanô và nhận được kinh phí tài trợ từ chương trình NNI, các trường đại học còn lập ra hàng loạt trung tâm mới (công lập và liên ngành) chuyên nghiên cứu về khoa học và công nghệ nanô, có tiếng như:

- Trung tâm Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Vật liệu, Đại học Brown.
- Trung tâm của R. Smalley về KH & CN nanô (CNST)
- Đại học Berkeley, California, các cơ sở điện tử nanô
- Đại học Washington, tập trung theo hướng CNSH nanô.
- Đại học Madison, Wisconsin, vật liệu cấu trúc hoá nanô

• v.v...

Năm trường đại học Cornell, Stanford, Santa Barbara, Penn State và Howard còn lập ra mạng thông tin về công nghệ nanô quốc gia (National Nanofabrication Users Network - NNUN).

Ở Hoa Kỳ, nghiên cứu và phát triển công nghệ nanô đã được sự quan tâm rộng rãi, lan truyền nhanh thành các nhóm nhỏ. Nói chung công việc nghiên cứu chú ý nhất đến một số định hướng chủ yếu sau:

• Vật liệu cấu trúc hoá nanô, kim loại hoặc gốm, với tính chất định trước.

• Thao tác phân tử trên các đại phân tử polime.

• Hoá học của các kỹ thuật tự lắp ghép (self - assembling techniques) của các cấu trúc nanô "mềm".

• Xử lý phun nhiệt và các kỹ thuật dựa trên hoá học để tạo lớp phủ cấu trúc nanô hoá.

• Chế tạo dựa trên công nghệ nanô các sản phẩm điện tử vả cảm biến.

• Vật liệu cấu trúc hoá nanô cho các quá trình có quan hệ với năng lượng như các chất xúc tác và các chất từ mềm.

• Gia công cắt gọt nanô (nanomachining).

• Vi tiểu hình hoá các hệ thống của con tàu vũ trụ.

Nhìn chung chương trình NNI và công việc nghiên cứu và phát triển khoa học và công nghệ nanô ở Hoa Kỳ rất phát triển, có nguồn lực lớn về tài chính và nhân lực. Tuy vậy người ta cũng nhận thấy nhiều định hướng bị xé lẻ ít tập trung nên hiệu quả không cao, trong khi đó cũng còn nhiều trùng lặp, mặc dầu việc này có ưu thế tạo ra cạnh tranh. Đáng chú ý là ở Hoa Kỳ vẫn có những lo ngại về việc nghiên cứu công nghệ nanô để phát triển vũ khí loại mới hoặc có thể gây thảm họa môi trường.

3.3.2. NHẬT BẢN

Nhật Bản không có một chương trình riêng của Chính phủ về công nghệ nanô như NNI của Hoa Kỳ. Ở Nhật có nhiều dự án, chương trình nghiên cứu về công nghệ nanô các đại công ty hoặc các cơ quan chính phủ tài trợ. Bộ

Khoa học và Công nghệ (STA), Bộ Ngoại thương và Công nghiệp (MITI), Bộ Giáo dục, Khoa học, Thể thao và Văn hoá (Monbusho) cung cấp vốn đầu tư nghiên cứu công nghệ nanô theo hướng nghiên cứu cơ bản. Riêng MITI chi khoảng 60 triệu USD cho công nghệ nanô trong năm 1996 - 1997. ***Viện quốc gia thúc đẩy nghiên cứu liên ngành*** (NAIR) chủ trì ba dự án về ***khoa học và công nghệ cho công nghiệp***, trong đó có các chuyên đề nghiên cứu về công nghệ nanô:

• Phòng thí nghiệm ***Điện kỹ thuật*** ở Tsukuba có một số dự án công nghệ nanô.

• Chương trình linh kiện chức năng lượng tử.

• Viện Nghiên cứu Quốc gia ở Osaka và Viện Nghiên cứu Công nghiệp Quốc gia ở Nagoya chuyên nghiên cứu các vấn đề công nghệ nanô.

• Liên hiệp linh kiện điện tử siêu tiền tiến (ASET).

Cơ quan STA đầu tư cho công nghệ nanô vào bốn tổ chức:

- Viện Nghiên cứu Vật lý và Hoá học (RIKEN)

- Viện Nghiên cứu Quốc gia về kim loại (NRIM)

- Viện Quốc gia Nghiên cứu Vật liệu vô cơ

- Công ty Khoa học và Công nghệ Nhật Bản (JST) điều hành 4 dự án về công nghệ nanô: dự án sóng lượng tử, dự án tàu nguyên tử, dự án đầu sóng điện tử (Electron Wavefront) và dự án thăng giáng lượng tử. Các công ty lớn của Nhật Bản như Hitachi, NEC, NTT, Fujitsu... thường dành 10% doanh số bán hàng cho R & D, 10% của số đó dành cho nghiên cứu tầm dài.

Một số sản phẩm công nghệ nanô của Nhật đã tác động đáng kể lên thị trường. Hãng Nihon Shinku Gijutsu (ULVAC) sản xuất và bán trên 4 triệu USD một năm các hạt nanô cho các ngành điện tử, quang học và nghệ thuật. Nhật Bản chỉ đứng sau Hoa Kỳ về đưa nhanh ứng dụng sản phẩm công nghệ nanô vào thực tế.

Về hướng nghiên cứu có thể thấy ***phòng thí nghiệm điện kỹ thuật (ETL)*** tập trung vào lĩnh vực ***kỹ thuật điện tử nanô. Phòng thí nghiệm trung tâm Hitachi*** tập trung vào vấn đề vật liệu nanô dùng cho các bộ nhớ quy mô lớn để ghi lượng lớn thông tin trong lĩnh vực multimedia, DRAM và điện ảnh

truyền hình... ***Viện Khoa học Phân tử ở Okazaki*** nghiên cứu chủ yếu về hạt nanô và một số với dạng hoá học cơ - kim, một số theo hướng sinh học hoặc dùng các phân tử sinh học làm bloc chế tạo, đặc biệt có vai trò dẫn đầu về fulơren kim loại, dùng ADN để chế tạo các sợi phân tử (molecular wire) và các vòng phân tử (molecular loop).

Trung tâm liên hiệp nghiên cứu công nghệ nguyên tử ở thành phố khoa học Tsukuba có một chương trình đặc biệt "***Nghiên cứu và phát triển thao tác tối tân đến từng nguyên tử, phân tử***" (Research and Development of Ultimate Manipulation of Atoms and Molecules) có ngân sách hàng năm 250 triệu USD, có các lĩnh vực nghiên cứu lớn:

- Bề mặt rắn và vật liệu chất rắn
- Chùm hạt (nguyên tử, phân tử) trong không gian tự do
- Cấu trúc phân tử hữu cơ
- Mô phỏng lượng tử các quá trình nguyên tử và phân tử

Đầu tư nghiên cứu công nghệ nanô của Nhật Bản tăng vọt từ 1997 là khoảng 120 triệu USD lên trên 6,2 lần bằng 750 triệu USD vào năm 2002.

Nhìn chung Nhật Bản đã sớm phát triển công nghệ nanô, vì Nhật Bản có truyền thống thu nhỏ kích thước các linh kiện, đặc biệt là linh kiện điện tử. Tuy không đề ra một chương trình quốc gia như NNI của Hoa Kỳ, nhưng sự phối hợp giữa các Trường Đại học, Viện nghiên cứu và Phòng thí nghiệm các hãng vốn có sự phối hợp chặt chẽ. Bởi vậy các thành tựu về công nghệ nanô của Nhật Bản, nhất là sản phẩm nanô ứng dụng vào thực tiễn là điều đáng nể của các nước.

3.3.3. TRUNG QUỐC

Trung Quốc phát triển công nghệ nanô chậm hơn các nước tiên tiến khác, mới chỉ một thập kỷ gần đây, nhưng rất nhanh và hiện nay đã thuộc vào hàng của 10 nước đứng đầu về công nghệ nanô, cả về lý thuyết và ứng dụng. Các cơ quan tài trợ chính cho phát triển công nghệ nanô là Viện Hàn lâm Khoa học Trung Quốc (CAS), Quỹ Khoa học Quốc gia Trung Quốc (NSFC), Bộ Giáo dục (MOE), Bộ Khoa học và Công nghệ (MOST), trong đó NSFC tài trợ chủ yếu cho các Trường Đại học. MOST có một số chương trình nghiên

cứu, trong đó có ***Chương trình nghiên cứu cơ bản quốc gia 973, Chương trình chuyển giao công nghệ quốc gia 863*** và ***Dự án quốc gia 5 năm công nghiệp hoá***. Năm 2002 MOST khởi phát ***Chương trình quốc gia 863 về khoa học và công nghệ nanô*** với kinh phí 170 triệu RMB (Nhân dân tệ) khoảng 20 triệu USD có 63 dự án bao gồm: CNSH-nanô, bảo vệ môi trường-nanô, năng lượng nanô, vật liệu chức năng-nanô, điện tử-nanô, vật liệu cấu trúc hoá nanô, thiết bị phát hiện-nanô.

Các dự án nghiên cứu của CAS bao gồm:

- Nghiên cứu ống nanô cacbon và các vật liệu nanô khác.

- Hoá học liên kết - lọc lựa (bond - selective) và thao tác đơn nguyên tử

- Kỹ thuật điện tử phân tử

- Hoá học quang xúc tác và quang điện tử của bán dẫn nanô

- Nghiên cứu SPM (Scanning probe microscope - Hiển vi quét đầu dò) trên bề mặt và lớp tiếp giáp.

- Nghiên cứu "Siêu - nguyên tử" nhân tạo v.v...

Theo báo cáo của MOST ở Trung Quốc có trên 50 trường đại học, 20 viện nghiên cứu thuộc CAS và trên 100 công ty hoạt động tích cực về nghiên cứu và phát triển khoa học và công nghệ nanô.

Chiến lược trước mắt của Trung Quốc về công nghệ nanô là sớm ứng dụng các thành tựu của ngành công nghệ này vào việc nâng cao chất lượng và sức cạnh tranh của sản phẩm công nghiệp, nông nghiệp có lợi cho người tiêu dùng và nâng cao chất lượng cuộc sống của họ.

Trung Quốc đã xây dựng khu công nghiệp và Trung tâm Công nghệ về công nghệ nanô ở gần Bắc Kinh và Thượng Hải. Đặc biệt đang xây dựng ở Tianfin (Thiên Tân), một thành phố cảng cách Bắc Kinh 100km, một ***khu công nghiệp công nghệ nanô***. Những tổ chức ***nghiên cứu ứng dụng của các lĩnh vực R & D chủ yếu về công nghệ nanô*** ở khu vực Bắc Kinh sẽ dời đến Thiên Tân trong năm nay khi khu công nghiệp công nghệ nanô đi vào hoạt động.

Chiến lược tầm dài của Trung Quốc về công nghệ nanô là ***tăng cường khoa học cơ sở (basic science) và đẩy mạnh tính cạnh tranh toàn cầu của khoa học và công nghệ nanô ở Trung Quốc***.

Trung Quốc đã dành 270 triệu RMB (tương đương 33 triệu USD) để xây dựng ***Trung tâm Nghiên cứu Quốc gia về Khoa học và Công nghệ nanô.*** Trung tâm này sẽ tích hợp việc nghiên cứu của các cơ sở R & D hàng đầu của Trung Quốc như CAS, Đại học Bắc Kinh, Thanh Hoa, Fudan, Jiaotông, Nam Kinh và đại học Khoa học và Công nghệ miền đông Trung Quốc để điều phối tốt nhất và trở thành cơ sở nghiên cứu hàng đầu thế giới về khoa học và công nghệ nanô.

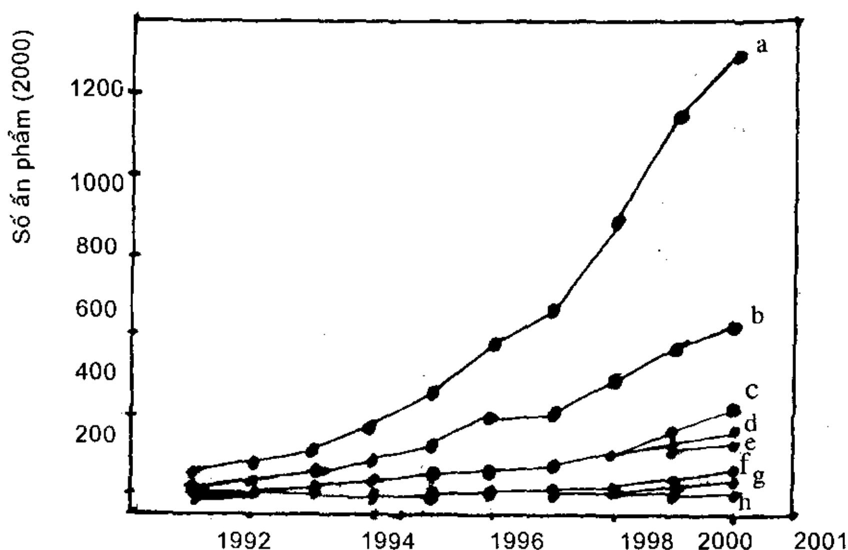
Những thành tựu về công nghệ nanô mà Trung Quốc đã đạt được có thể tóm tắt như sau:

- Vật liệu nanô bao gồm: vật liệu nanô chuẩn - 1 chiều (quasi - 1D) trong đó có ống nanô cacbon, cáp nanô, kênh nanô (nanochannels - trong các linh kiện) và sợi nanô. Phương pháp tổng hợp thủy nhiệt (hydrothermal synthesis); vật liệu kim loại và gốm cấu trúc hoá nanô.

- Các linh kiện nanô bao gồm: các linh kiện MOS ở mức 100nm ở đại học Thanh Hoa, các siêu mạng có chứa chấm lượng tử (quantum dot embedded superlattices) hấp thụ hồng ngoại và laze chấm lượng tử ở ***Viện nghiên cứu bán dẫn*** (CAS), linh kiện ***lưu trữ dữ liệu mật độ siêu cao*** trên màng mỏng hữu cơ tại ***Viện Vật lý*** (CAS).

Kiểm đo và đánh giá các cấu trúc nanô: Máy hiển vi SPM tự chế tạo tại Viện Hoá học (CAS); các loại trang bị ***tự chế tạo*** như: các hệ chân không siêu cao (UHV - Ultra High Vacuum), kính hiển vi điện tử quét (SEM - Scanning Electron Microscope), kính hiển vi quét xuyên hầm (Scanning Tunneling Microscope - STM) phổ kế suy giảm năng lượng điện tử (EELS - Electron Energy Loss Spectrocospy), hiển vi quang học quét trường gần chuyển tiếp lớp hoá (LT - SNOM - Layered transition scanning near-field microscope).

Thống kê ấn phẩm chứng tỏ năm 2000 Trung Quốc có số ấn phẩm trong lĩnh vực khoa học và công nghệ nanô đứng thứ 2 thế giới chỉ sau Mỹ, còn trong giai đoạn 1997 - 1999 thì đứng thứ 4 (theo báo cáo của TS. Lei Jiang tại Hội nghị tại Tokyo "Nanotech 2003 + Future" 26 - 28/2/2003).



Hình 3.5: **Đồ thị ấn phẩm các nước theo năm**

a. Toàn cầu b. Hoa Kỳ c. Trung Quốc d. Nhật Bản
e. Đức f. Anh g. Pháp h. Thụy Sĩ

Cũng theo Tân Hoa Xã (3 - 10 - 2003) thì thập kỷ trước năm 2001, số bằng sáng chế (patent) về công nghệ nanô đăng ký của Trung Quốc khoảng dưới 1000. Con số tăng vọt trong 2 năm qua và đạt tới 12% của toàn thế giới, hiện đạt tới 2400 bằng sáng chế về công nghệ nanô, đứng thứ 3 thế giới sau Mỹ và Nhật Bản. ***Đại học Hoá công nghiệp*** Qingdao đã sản xuất ***quy mô tấn*** hơn 20 sản phẩm hạt nanô oxýt (ZnO, TiO_2, SiO_2, ZrO, MgO, Co_2O_3, NiO, Cr_2O_3, MnO_2, Fe_2O_3 ...), hạt nanô kim loại (Ag, Pd, Cu, Fe, Co, Ni, Ti, Al, Ta...) hạt nanô hợp kim (AgCu, Ag-Sn, In-Sn, Ni-Al, Ni-Fe, Ni-Co, ...) hạt nanô cacbonat (W_2C_3, C, SiC, TiC, ZrC, NbC, B_4C_3 ...), hạt nanô nitronat (Si_3N_4, AlN, Ti_3N_4, BN...). Trường Đại học Giao thông Vận tải Tây An (Thiểm Tây) đã chế thử thành công pano hiển thị phát xạ trường (field emission) bằng vật liệu ống nanô cácbon và đã thử nghiệm liên tục 3800 giờ.

Năm 2002 Bắc Kinh đã tổ chức "Triển lãm quốc tế về công nghệ nanô và vật liệu mới" từ 3 - 5 tháng 11, triển lãm đã có tiếng vang đáng kể. Tóm lại

chúng ta thấy Trung Quốc "vào cuộc" công nghệ nanô chậm hơn, nhưng tốc độ khá cao. Đầu tư ít hơn so với các nước tiên tiến khác, chú ý trước hết đến ứng dụng công nghệ nanô. Tương lai Trung Quốc có thể trở thành cường quốc về công nghệ nanô, thuộc nhóm đứng đầu thế giới.

3.3.4. CỘNG HÒA LIÊN BANG ĐỨC

Bộ Liên bang về Giáo dục, Khoa học, Nghiên cứu và Công nghệ (BMBF) là nhà tài trợ quốc gia chủ yếu cho sự phát triển công nghệ nanô. các Viện Fraunhofer, Max Planck và một số trường đại học đã thành lập các trung tâm nghiên cứu khoa học và công nghệ nanô. Ngân sách năm 1997 mà BMBF dành cho công nghệ nanô khoảng 50 triệu USD, đến nay 2003 đã tăng tới 115 triệu Euro (€).

Viện Vật liệu chất rắn Dresden nghiên cứu hiện tượng xuyên hầm đơn điện tử qua một phân tử, sử dụng cấu trúc kim loại 30nm làm điện dung cỡ 10^{-17}F, nuôi cấy chùm phân tử hữu cơ (OMBE) để ngưng đọng trên vàng các phân tử, đo lường bằng STM. Cũng nghiên cứu cấu trúc điện tử của fulơren, ống nanô, các cấu trúc nhiều lớp kim loại, fulơren, nghiên cứu các tính chất điện trở màng nanô CuNi (Mn) với hạt tinh thể nanô, nghiên cứu vật liệu từ nanô, vật liệu cứng bằng hạt nanô phân tán. ***Viện Vật liệu mới ở Saarbrucken*** dùng quá trình loại sol - gel để chế tạo cấu trúc nanô kim loại, gốm, thủy tinh và bán dẫn, với nhiều dự án phong phú về vật liệu nanô trong đó chú ý công nghệ thủy tinh, gốm, vật liệu quang học mới. ***Viện Max - Planck nghiên cứu Than*** nghiên cứu vật liệu có các chùm kim loại nanô (metal nanocluster) hướng ứng dụng làm xúc tác lưỡng kim trong pin nhiên liệu, ***Đại học Công nghệ Darmstadt*** nghiên cứu chế tạo cấu trúc nanô tổng hợp từ pha hơi các lớp nanô ZrO_2/Al_2O_3, cacbit bo, SiC; các lớp nanô kim loại/ gốm... Đại học Karlsruhe nghiên cứu các tính chất vật lý, hoá học và điện tử của các hạt nanô/ chùm nguyên tử kim loại và cacbon (fulơren). ***Đại học Saarlandes*** nghiên cứu chế tạo cấu trúc nanô, các hạt nanô, các oxyt kim loại có hạt tinh thể nanô.

Trên còn chưa có thông tin về nghiên cứu công nghệ nanô của các hãng lớn như Siemens, và đóng góp của CHLB Đức vào các chương trình chung của EU.

3.3.5. PHÁP

Pháp gần đây đã chú trọng hơn đến công nghệ nanô, năm 2002 đã đầu tư 50 triệu € cho nghiên cứu. Đã hình thành mạng lưới nghiên cứu KH & CN nanô cốt lõi của mạng lưới này là ***Trung tâm nghiên cứu quốc gia (CNRS).*** Tham gia nghiên cứu công nghệ nanô có 300 nhà nghiên cứu ở 10 labo vật lý và 200 nhà hoá học ở 20 labo hoá, hàng năm được chi khoảng 18 triệu Frăng. Thêm 9 triệu Frăng chi hàng năm về công nghệ nanô cho 45 labo liên kết 50/50 giữa CNRS và công nghiệp. Có các hãng lớn như Thomson, St. Gobain, Rhône Poulenc và Air Liquide tham gia.

CNRS có các chương trình nghiên cứu bao hầu hết các lĩnh vực chủ yếu của KH & CN nanô: Tổng hợp các cấu trúc nanô dùng phương pháp chùm phân tử, ngưng đọng chùm (cluster deposition), phát triển hoá học mềm (soft chemistry) và sinh - tổng hợp, với trang thiết bị tương đối mạnh (STM, AFM, hiển vi trường gần, thao tác từng nguyên tử v.v...). Nói chung phạm vi nghiên cứu tương đối rộng: từ học nanô, kỹ thuật điện tử phân tử, ống nanô, bán dẫn vùng cấm rộng, lớp oxyt nanô, tự tổ chức (self organisation), xúc tác, lọc nanô, rây phân tử (zeolites), vật liệu lai (hybrid), các vấn đề điều trị bệnh và hoá học nông nghiệp. Đáng chú ý là các lĩnh vực: hạt nanô và các công nghệ liên quan; ống nanô cácbon và các loại ống nanô khác, lưu biến và cơ học các dãy hạt nanô, các cấu trúc nanô mềm tự tổ chức, phát triển của vật liệu cấu trúc nanô bằng ngưng đọng trực tiếp chùm.

Các trường đại học của Pháp có các phòng thí nghiệm liên kết trong số 40 phòng thí nghiệm vật lý và 20 phòng thí nghiệm hoá nói trên, nên không trình bày riêng các trường.

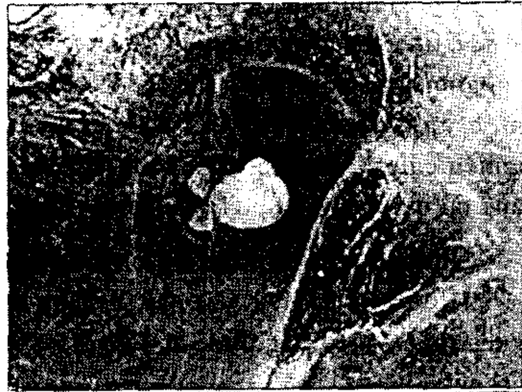
Nhìn chung Pháp có một lực lượng khoa học khá mạnh nghiên cứu khoa học và công nghệ nanô, có nhiều thành tựu và đóng góp quan trọng, có mối liên kết chặt chẽ với sản xuất. Chắc chắn Pháp sẽ có vị trí cao về công nghệ nanô trong Liên minh Châu Âu.

3.3.6. VƯƠNG QUỐC ANH (UK)

Vương quốc Anh từ năm 1988 đã có một ***Chương trình nối mạng về công nghệ nanô*** (LINK Nanotechnology Programme), ***Hội đồng nghiên cứu Công nghệ và Khoa học Vật lý*** tài trợ các dự án về khoa học vật liệu nanô

trong 5 năm (1994 - 1999), Labo vật lý quốc gia đã thiết lập một diễn đàn (Forum) gọi là ***Sáng kiến quốc gia về công nghệ nanô*** (NION - National Initiative on Nanotechnology).

Với các trường đại học nổi tiếng Cambridge và Oxford dẫn đầu đã sản sinh ra nhiều công ty về công nghệ nanô, đồng thời nhiều trường đại học khác và các trung tâm tham gia mạng lưới phát triển công nghệ nanô. Cả nước hiện có khoảng 1500 nhà nghiên cứu (researcher) trong lĩnh vực này tính tổng cộng mọi kênh tài trợ từ ngân sách, chính phủ chi cho phát triển công nghệ nanô trong 2 năm qua khoảng trên 200 triệu bảng Anh (£).



Ảnh 2: **Một "tàu ngầm tí hon" đang khám phá bên trong một động mạch (BBC News)**

Ở đại học Cambridge có Trung tâm hợp tác với hãng Toshiba nghiên cứu về vật lý bán dẫn và các chuyên đề có liên quan, đề ra chương trình nghiên cứu cơ bản trong các năm tới bao gồm khoa học và công nghệ nanô, tập trung vào hai nhóm: tranzito dùng exiton quang với các hố lượng tử trong GaAs; dây 1 chiều chế tạo bằng nuôi cấy chùm phân tử (MBE) trên đế GaAs theo lớp pnpnp.

Tại Labo Cavendish được tài trợ bởi chính phủ và hiện nay có 63 công ty tài trợ nữa, hiện tập trung nghiên cứu:

- Tính chất điện và điện - quang của các linh kiện polime bán dẫn.
- Các vi hốc quang (optical microcavities)
- Tính chất quang điện tử của các hạt bán dẫn nanô.
- Tính chất của các polime liên hợp (conjugate). Các polimer liên hợp với các điện tử không định xứ có hành vi như mô hình bán dẫn hữu cơ. Đây là loại vật liệu rất mới ứng dụng tính điện - quang và tính phi tuyến quang rất mạnh.

Đại học Oxford phát triển công nghệ phun phủ hạt nanô tinh thể với hạt Al_2O_3 600nm và hạt SiC 200nm, phun phủ các màng nhiều lớp NiFe/Cu/Co/NiFe/MnNi. Nghiên cứu các màng quang học compodit nanô dùng các chùm nanô Bi trong nền Ge vô định hình, nghiên cứu các hợp kim có hạt tinh thể nanô, nghiên cứu về WS_2 và các sulfit, selenít loại fuloren. Nhóm của giáo sư Green đạt thành tựu nổi bật với các ống nanô cacbon được mở bằng hoàn nguyên với Nd_2O_3, $FeBiO_3$... Trong 2 năm qua nhiều lĩnh vực nghiên cứu về khoa học và công nghệ nanô đã được mở rộng cùng với việc tăng tài trợ của ngân sách và của các công ty.

Nhìn chung ở Vương quốc Anh phần nghiên cứu khoa học nanô về các vấn đề cơ bản nổi lên, đạt nhiều thành tựu mới mẻ. Gần đây việc ứng dụng công nghệ nanô cũng được chú ý với sự tham gia các dự án của EU về KH & CN nanô.

Ngoài Đức, Pháp, Anh còn có nhiều nước Châu Âu khác như Hà Lan, Thuỵ Sĩ, Thuỵ Điển, Ý... cũng có một hệ thống nghiên cứu và ứng dụng KH và CN nanô rất phát triển. Liên minh Châu Âu (EU) cũng có một số chương trình đa quốc gia về KH & CN nanô.

Chương trình ESPRIT, đã có từ trước, nay mở rộng thêm các dự án công nghệ nanô.

Chương trình PHANTOMS từ trung tâm vi điện tử Lewen Bỉ nối mạng trên 40 cơ sở nghiên cứu của EU theo các hướng điện tử nanô, chế tạo nanô, quang điện tử và chuyển mạch điện tử.

Quỹ Khoa học Châu Âu nối mạng gọi là mạng NANÔ với 18 trung tâm nghiên cứu cùng điều khiển bởi đại học Duisburg và đại học công nghệ Delft (Hà Lan).

Tập đoàn Châu Âu về vật liệu nanô thành lập năm 1996 có trung tâm điều phối ở Lausanne, Thuỵ Sĩ.

Chương trình "***Mạng lưới vật liệu hữu cơ tốt nhất cho kỹ thuật điện tử***" có nội dung nghiên cứu và phát triển Khoa học và Công nghệ nanô từ 1992.

Hội Châu Âu về công nghệ chính xác và công nghệ nanô thành lập 1997.

Trung tâm Nghiên cứu phối hợp ***vật liệu cấu trúc hoá nanô*** có cơ sở ở Ispra, Ý.

Thời gian gần đây EU thành lập thêm các chương trình về khoa học và công nghệ nanô, trong đó có chương trình ***sinh học nanô***. Tóm lại lực lượng nghiên cứu khoa học và công nghệ Châu Âu khá mạnh, có nhiều cơ sở có uy tín lâu năm về khoa học cơ bản tham gia. Các công ty lớn, có nhiều yêu cầu về cạnh tranh thị trường đối với các sản phẩm công nghệ công nghệ nanô, là một sức mạnh thúc đẩy đáng kể. Sự liên kết trong Liên minh cũng là một lợi thế trong lĩnh vực công nghệ mới này.

3.3.7. AUSTRALIA VÀ CÔNG NGHỆ NANÔ

Hội đồng nghiên cứu quốc gia (NRC) của Australia đã chịu trách nhiệm tài trợ cho R & D về công nghệ nanô từ 1993. Các nhóm nghiên cứu tập trung nghiên cứu việc tổng hợp các hạt nanô tạo màng và chất xúc tác (đại học New South Wales), chế tạo các bộ lọc nanô (Trung tâm UNESCO về Khoa học và Công nghệ màng), sử dụng hạt nanô để xử lý quặng thành sản phẩm đặc biệt (Trung tâm nghiên cứu sản phẩm quặng tiên tiến của đại học Men-bơn). Hãng điện tử AWA ở Homebush có cơ sở nghiên cứu công nghệ lớn ở Australia cũng phát triển nghiên cứu công nghệ nanô.

Gần đây khoa học và công nghệ nanô phát triển rất mạnh ở Australia với khoảng 40 cơ sở khoa học, tổ chức mới thành lập, cơ quan điều phối, mạng lưới nghiên cứu, ... Lĩnh vực nghiên cứu cũng được mở rộng và nhắm vào những hướng có triển vọng ứng dụng cao như công nghệ sinh học nanô, y tế nanô, kỹ thuật điện tử nanô và vật liệu nanô.

Trung tâm ***Nanobio (Nanotechnology & Biomaterials Research Centre)*** thuộc đại học Queensland nghiên cứu tập trung vào việc dùng công nghệ nanô để tạo ra linh kiện và vật liệu mới dùng cho chẩn đoán và chữa bệnh, các thiết bị để lập dãy (sequencing) nhanh các badơ của ADN, chuyển thuốc và phát hiện thuốc, mô nhân tạo thay mô của người (xương, lá lách và gan). Trung tâm hợp tác với ***Viện các khoa học sinh học phân tử*** (Molecular Biosciences) và ***Viện CNSH và công nghệ nanô Australia*** (Australia Institute for Bioengineering and Nanotechnology at UQ).

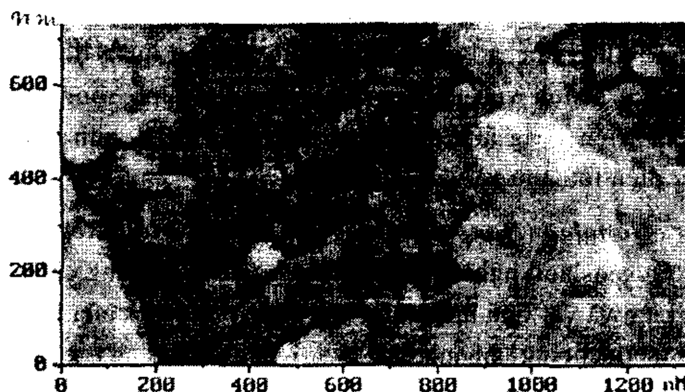
3.3.8. CÔNG NGHỆ NANÔ PHÁT TRIỂN Ở LIÊN BANG NGA

Ở Liên Xô trước đây rất chú trọng nghiên cứu cơ bản về vật liệu, những lớp màng mỏng ở thang nanô được chế tạo bằng phương pháp bay hơi trong chân không, phún xạ catôt... đã được nghiên cứu từ rất sớm, vào những năm 60 thế kỷ trước. Tuy nhiên những cấu trúc nanô thực sự mới chỉ bắt đầu nghiên cứu từ những năm 70 của thế kỷ 20 và Viện Hàn lâm Khoa học Liên Xô đã thành lập phân ngành "Hệ thống siêu phân tán".

Đến thời kỳ suy thoái, sụp đổ và hỗn loạn sau đó nền Khoa học Xô Viết chịu một tổn thất to lớn và chỉ dần hồi phục sau 1995. Trong quá trình hồi phục này, ở Liên Bang Nga và các nước SNG công nghệ nanô cũng được phát triển khả quan nhờ ở tiềm năng sẵn có và đồng thời được sự tài trợ đáng kể của EU và một số nước khác qua con đường hợp tác.

Hướng nghiên cứu KH & CN nanô ở Nga, cũng như nhiều nước khác, chú ý trước tiên đến việc tổng hợp, chế tạo các cấu trúc nanô, các hạt nanô, các quá trình chế tạo vật liệu cấu trúc hoá nanô. Việc nghiên cứu các linh kiện nanô gặp khó khăn vì thiếu kinh phí.

Tài trợ cho nghiên cứu KH & CN nanô ở Nga là Bộ KH & CN, Quỹ nghiên cứu cơ bản Nga, Viện Hàn lâm Khoa học, Bộ Giáo dục Đại học... Các chương trình nghiên cứu về KH & CN nanô nằm trong các hướng:



Ảnh 3: **Vách đômen hạt tinh thể ($Pb_5Ge_3O_{11}$) có tính sắt điện (V.Sur L.B Nga)**

- ***Tính chất quang và điện tử của cấu trúc nanô*** (Viện Ioffe ở St Peterburg, Viện Lebedeev ở Mat-xcơ-va, Đại học Tổng hợp Quốc gia, Viện

Vi cấu trúc ở Novgograd...).

- Trong chương trình ***"Vật lý chất rắn"***

- Trong chương trình ***"Những vấn đề hiện đại của mặt ngoài"***

- Fulơren và ống nanô

- ***CNSH nanô***

- Trong chương trình ***"Vật liệu tiên tiến"***

Khó đánh giá được kinh phí dùng cho các chương trình nghiên cứu nói trên. Chỉ riêng phần tài trợ của EU và Mỹ cho các Trung tâm KH & CN quốc tế là vào khoảng 500 triệu USD cho 2 - 3 năm, nhưng không chỉ cho KH & CN nanô.

Thật đáng tiếc cho một cường quốc khoa học lâm vào tình trạng thụt lùi trong một lĩnh vực KH & CN rất có triển vọng.

Tóm lại thế giới đã qua giai đoạn đầu mò mẫm về KH & CN nanô, bước sang giai đoạn phát triển mạnh với các định hướng tương đối rõ ràng. Mặc dầu còn có ý kiến khác nhau, thực tế chứng tỏ rằng đây thực sự là một ngành khoa học - công nghệ mới, có tính cách mạng về phương pháp luận, tạo ra các đột phá quan trọng có ảnh hưởng lớn đến xã hội trong thế kỷ này. Việc chạy đua nắm bắt nhanh nhất các tri thức về KH & CN nanô đang diễn ra trên thế giới là điều dễ hiểu trong toàn cầu hoá kinh tế hiện nay.

4. CÔNG NGHỆ NANÔ VÀ ĐẠO ĐỨC

Trong xã hội có phân biệt quá lớn về giàu nghèo, tức là về quyền lực kinh tế, thì giới cầm quyền bao giờ cũng phải tìm các phương pháp bạo lực "khủng khiếp" để răn đe và bảo vệ các ông chủ. Do đó xuất hiện mặt trái của thành tựu xuất sắc của KH & CN. Thế lực cường quyền có hẳn một bộ máy đồ sộ để dùng nguồn lực xã hội thúc đẩy KH & CN phát hiện ra các hiện tượng, sự kiện, quy luật khoa học mới và họ liền chiếm đoạt trước hết để nâng cao các phương tiện bạo lực mà chủ yếu là các loại vũ khí mới. Vũ khí hoá học từ chiến tranh thế giới lần thứ nhất, bom hạt nhân ở chiến tranh thế giới thứ 2, vũ khí sinh học ở cuối thế kỷ trước là các thí dụ điển hình của sự sử dụng kết quả KH & CN cao nhất vào ***vũ khí hủy diệt hàng loạt*** (Weapon of Mass Destruction - WMD).

Chính vì lí do trên đây nhân loại trở thành rất dị ứng với những thành tựu KH và CN mới, nhất là những loại "cao siêu" không dễ hiểu. Ngoài vấn đề đạo đức có mục đích còn có thể xảy ra các vấn đề đạo đức do thiếu hiểu biết và sự thận trọng cần thiết khi ứng dụng vào thực tế các công nghệ mới. Việc sử dụng năng lượng hạt nhân vì mục đích hòa bình như làm nhà máy điện hạt nhân là một ví dụ rất điển hình về sự vô trách nhiệm và thiếu thận trọng. Các thảm họa như ở Three Miles Island (Hoa Kỳ) và Tchernobyl (Liên Xô) mới làm cho người ta tỉnh ngộ.

Có thể thấy, khi một công nghệ mới như công nghệ nanô ra đời, luôn gặp phải ba loại vấn đề đạo đức nghiêm trọng:

a. Một là những thế lực cường quyền, bạo tàn, những tổ chức đen tối, thủ ác tìm mọi cách chiếm đoạt độc quyền để tạo ra các phương tiện bạo lực, gây khủng khiếp, để khuất phục vì tham vọng chính trị...

b. Hai là những thế lực tài chính, những tập đoàn doanh nghiệp, bất chấp các rủi ro, tung vào thị trường các sản phẩm của công nghệ mới chưa được bảo đảm an toàn lâu dài cho người sử dụng cũng như an toàn cho môi trường tự nhiên và môi trường xã hội, với hành xử theo kiểu "sống chết mặc bay, tiền thầy bỏ túi".

c. Ba là một số phần tử của giới khoa học, kỹ trị vì mục đích cá nhân không lương thiện, không trung thực, vô trách nhiệm, đã thông tin không đầy đủ thậm chí sai lệch, không dám nói rõ những điều mà chính mình còn chưa rõ. Về thực chất họ đã tham gia gây thảm họa cho dân thường.

Nhiều cuộc hội thảo quan trọng mang tầm quốc tế với tinh thần trách nhiệm cao về vấn đề đạo đức của công nghệ nanô đã liên tiếp được tổ chức ở nhiều nơi trên thế giới. Nói chung đều mong muốn tránh tình trạng nhân dân thế giới ***bị đặt trước việc đã rồi*** và phải có quyền có tiếng nói được tôn trọng trong các quyết sách về công nghệ nanô. Qua các cuộc hội thảo quốc tế đó, có thể thấy rõ mấy xu hướng sau đây:

- Vật liệu nanô và linh kiện nanô, bên cạnh các mặt tích cực là dẫn đến các sản phẩm kỳ diệu phục vụ con người, như thấy rõ chúng có khả năng to lớn để phát triển các loại vũ khí mới kể cả vũ khí giết người hàng loạt (WMD) mà cho tới nay chưa thể lượng định được mức hủy diệt của nó, ngoài ra còn có thể sử dụng các phương tiện nanô "vô hình" (không nhìn thấy) để xâm

phạm quyền riêng tư cá nhân.

Do đó phải sớm có công ước quốc tế và cơ quan giám sát, để nghiêm cấm các loại ***vũ khí nanô với mục đích tấn công*** và các loại phương tiện nanô xâm phạm riêng tư cá nhân. Đặc biệt phải loại trừ ngay từ gốc loại ***vũ khí nanô hủy diệt hàng loạt ở tất cả các nước*** không loại trừ ai.

- Phải có ngay các chuẩn quốc tế về tính an toàn đối với con người, môi trường, hệ sinh thái, đạo đức của các loại sản phẩm của công nghiệp công nghệ nanô. Có các ràng buộc quốc tế ngay trong các thể chế thương mại của WTO. Đặc biệt chú trọng đến các loại thuốc nanô, các loại can thiệp của linh kiện nanô vào cơ thể người.

- Mọi chương trình, dự án nghiên cứu về công nghệ nanô phải được công khai, minh bạch, được trình bày và giải thích một cách trung thực, được phản biện bởi các thẩm quyền khoa học, ý kiến của công chúng phải được tôn trọng.

- Riêng vấn đề nanobot (máy nanô phân tử có thể tự nhân bản, làm việc lắp ráp hoặc tháo dỡ từng nguyên tử), cho đến nay còn tranh luận về tính khả thi, cần phải được công khai và thảo luận rộng rãi về mọi khả năng đồng thời với việc thông tin đầy đủ các kết quả nghiên cứu có liên quan.

Thế giới hiện đại đang đứng trước những vấn đề vô cùng phức tạp, có sự e ngại rằng sẽ xảy ra đối với công nghệ nanô giống như đối với các công nghệ cao khác. Tuy nhiên hiện nay lương tri của nhân loại đã khác trước, thông tin toàn cầu được mở rộng hơn trước nhiều, chúng ta có quyền hi vọng rằng công nghệ nanô sẽ mang lại cho nhân loại nhiều hạnh phúc hơn là các lo lắng.

Chương 4

QUAN SÁT VÀ THAO TÁC NANÔ

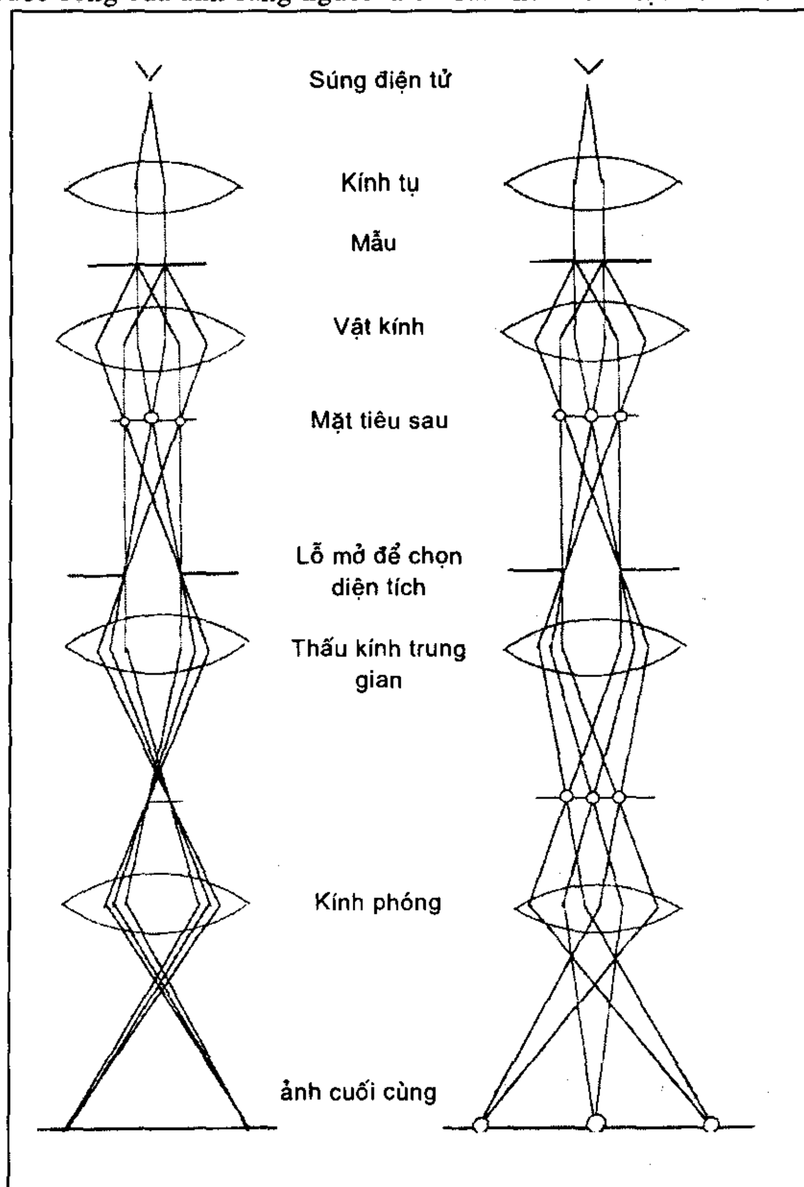
Vào những thập kỷ cuối thế kỷ XX nhiều phương tiện mới ra đời cho phép thấy được, theo dõi được đến từng nguyên tử, phân tử, hơn nữa có thể thao tác điều khiển lấy ra, đặt vào từng nguyên tử một. Điều đó, làm cho nhiều người tin tưởng rằng không có gì ngăn cản thực hiện những ý tưởng táo bạo nhất của Drexler về công nghệ nanô, công nghệ điều khiển từng phân tử, nguyên tử. Ngược lại thực tế phát triển của công nghệ nanô đã thúc đẩy việc nâng cao khả năng của những thiết bị cũ, sáng tạo thêm những thiết bị mới để nghiên cứu, thao tác với những đối tượng không phải ở kích cỡ micromet nữa mà là nanomet. Nhiều danh từ mới mang tính thời đại xuất hiện: Kính hiển vi nanô: Nanoscope (mới, so với microscope), nhiễu xạ nanô: nanodiffraction (mới, so với microdiffraction), cái gắp nanô (nanotweezers), thao tác nanô (nanomanipulation) thao tác nguyên tử (atom manipulation), khắc hình nanô (nanolithography) v.v...

Trong chương này ta sẽ xét đến những công cụ mới, những cách làm mới của công nghệ nanô.

4.1. KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ TRUYỀN QUA (TEM - TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE)

Với kính hiển vi quang học (trường xa) chỉ thấy được những chi tiết lớn hơn 0,2μm vì khi dùng các thấu kính để phóng đại do hiện tượng nhiễu xạ nên năng suất phân giải tốt nhất theo lý thuyết chỉ bằng cỡ một nửa bước sóng sử dụng (ánh sáng trông thấy có bước sóng trong khoảng 0,4 - 0,7μm). Từ khi

biết được điện tử có tính chất sóng và bước sóng tia điện tử có thể rất nhỏ so với bước sóng của ánh sáng người ta đã bắt chước cấu tạo của hiển vi quang



Hình 4.1: **Kính hiển vi điện tử truyền qua và hai cách tạo ảnh**

Trái: ảnh hiển vi, mỗi điểm ở mẫu ứng với một điểm ở ảnh cuối cùng

Phải: ảnh nhiễu xạ, những tia nhiễu xạ song song ở mẫu đi ra tập trung về một điểm ở ảnh cuối cùng

học để làm kính hiển vi điện tử: thay nguồn sáng quang học bằng nguồn điện tử, thay thấu kính thủy tinh bằng thấu kính điện từ. Đường đi của tia điện tử qua các thấu kính điện từ cũng như cách phóng đại ở hiển vi điện tử truyền qua (TEM) rất giống như ở hiển vi quang học.

Với điện thế tăng tốc cỡ 100kV, bước sóng của điện tử nhỏ hơn 0,004nm cho nên về mặt lý thuyết với kính hiển vi điện tử dễ dàng thấy được nguyên tử (khoảng cách giữa hai nguyên tử trong vật rắn vào cỡ 0,3 ÷ 0,5nm).

Trong thực tế, khó làm được các thấu kính điện từ cho thật hoàn chỉnh nên độ phân giải của kính hiển vi điện tử loại tốt vào cỡ 0,1nm. Với độ phân giải đó đủ để quan sát những chi tiết kích cỡ nanô. Tuy nhiên điều hạn chế là mẫu phải làm thật mỏng (mỏng hơn một nửa micromet) thì điện tử mới xuyên được qua mẫu để tạo ra ảnh phóng đại. Khi đã làm được mẫu mỏng mà không làm sai lệch cấu trúc thì hiển vi điện tử truyền qua cho biết được nhiều chi tiết nanô của mẫu nghiên cứu: hình dạng, kích thước hạt, biên giới hạt v.v...

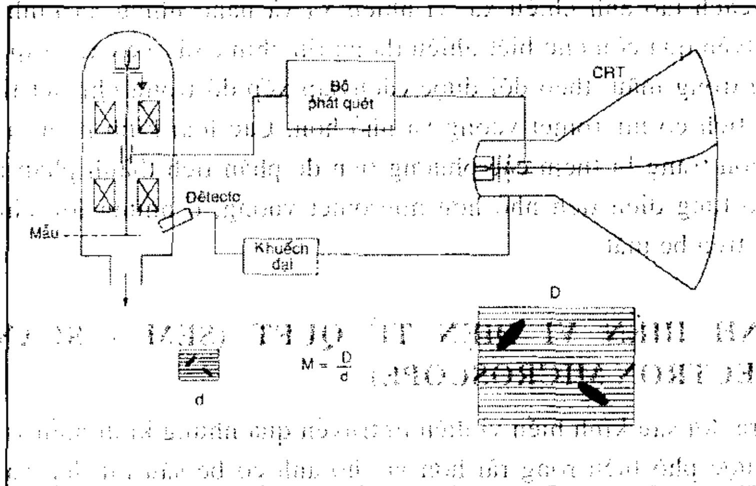
Nhờ cách tạo ảnh nhiễu xạ, vi nhiễu xạ và nanô nhiễu xạ kính hiển vi điện tử truyền qua còn cho biết nhiều thông tin chính xác về cách sắp xếp các nguyên tử trong mẫu, theo dõi được cách sắp xếp đó trong chi tiết từng hạt, từng diện tích cỡ micromet vuông và nhỏ hơn. Các loại kính hiển vi điện tử hiện đại còn trang bị thêm các phương tiện để phân tích thành phần hoá học của mẫu ở từng diện tích nhỏ hơn micromet vuông, ở những lớp chỉ vài ba nguyên tử trên bề mặt.

4.2. KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ QUÉT (SEM - SCANNING ELECTRON MICROSCOPE)

Tuy ra đời sau kính hiển vi điện tử truyền qua nhưng kính hiển vi điện tử quét lại được phổ biến rộng rãi hơn vì cho ảnh có bề sâu rất đẹp và dễ làm mẫu.

Ở kính hiển vi điện tử quét (hình 4.2) một chùm tia điện tử đi qua các thấu kính (điện từ) để tiêu tụ thành một điểm rất nhỏ chiếu lên mặt của mẫu nghiên cứu. Nhiều hiệu ứng xảy ra khi các hạt điện tử của chùm tia va chạm với các nguyên tử ở bề mặt vật rắn. Từ điểm ở bề mặt mẫu mà điện tử chiếu đến, có nhiều loại hạt, nhiều loại tia phát ra, gọi chung là các loại tín hiệu. Mỗi loại tín hiệu phản ảnh một đặc điểm của mẫu tại điểm được điện tử chiếu

đến. Thí dụ số điện tử thứ cấp phát ra phụ thuộc độ lồi lõm ở bề mặt mẫu, số điện tử tán xạ ngược phát ra phụ thuộc nguyên tử số Z, bước sóng tia X phát ra phụ thuộc nguyên tử ở mẫu là nguyên tố nào v.v... Cho chùm điện tử quét trên mẫu và quét một cách đồng bộ một tia điện tử trên màn hình của đèn hình, thu và khuếch đại một loại tín hiệu nào đó từ mẫu phát ra để làm thay đổi cường độ sáng của tia điện tử quét trên màn hình, ta có được ảnh. Thí dụ thu tín hiệu là điện tử thứ cấp để tạo ảnh ta có được kiểu ảnh điện tử thứ cấp, độ sáng tối trên ảnh cho biết độ lồi lõm ở mẫu. Cho tia điện tử quét trên mẫu với biên độ d nhỏ, (cỡ milimét, micromet) còn tia điện tử quét trên màn hình với biên độ lớn D (bằng kích thước màn hình) ảnh có độ phóng đại D/d. Độ phóng đại của hiển vi điện tử quét thông thường là từ vài ngàn lần đến vài trăm ngàn lần, năng suất phân giải phụ thuộc vào đường kính của chùm tia điện tử tiêu tụ chiếu lên mẫu. Với súng điện tử thông thường (sợi đốt là dây vônfram uốn chữ V) năng suất phân giải là 5nm đối với kiểu ảnh điện tử thứ cấp. Như vậy chỉ thấy được những chi tiết thô trong công nghệ nanô.



Hình 4.2: **Nguyên lý hoạt động của hiển vi điện tử quét. Tia điện quét trên mẫu với biên độ d. Tia điện tử của đèn hình quét trên màn hình với biên độ D. Độ phóng đại của ảnh là K = $\frac{D}{d}$**

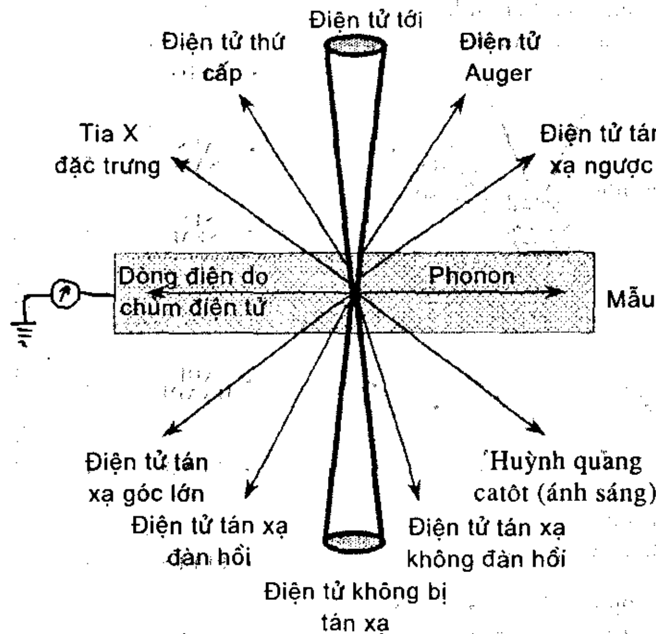
Những hiển vi điện tử quét loại tốt có súng điện tử phát xạ trường (FEG - Field Emission Gun) kích thước chùm tia điện tử chiếu vào mẫu nhỏ hơn

0,2nm, có thể lắp thêm bộ EBSD (nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược - Electron Back Scattered Diffraction) nhờ đó quan sát được những hạt cỡ 1nm và theo dõi được cách sắp xếp nguyên tử trong từng hạt nanô đó.

Cần chú ý rằng ở hiển vi điện tử quét có dùng các thấu kính nhưng chỉ để tập trung chùm điện tử thành điểm nhỏ chiếu lên mẫu không dùng thấu kính để khuếch đại. Với ảnh phóng đại bằng phương pháp quét, không có yêu cầu mẫu phải là lát mỏng và phẳng nên hiển vi điện tử quét cho phép quan sát bề mặt rất mấp mô, chỗ cao thấy rõ chỗ thấp cũng thấy rõ. Tuy độ phân giải không bằng nhưng sử dụng hiển vi điện tử quét có nhiều mặt thuận lợi hơn hiển vi điện tử truyền qua.

4.3. HIỂN VI ĐIỆN TỬ QUÉT TRUYỀN QUA (STEM - SCANNING TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPE)

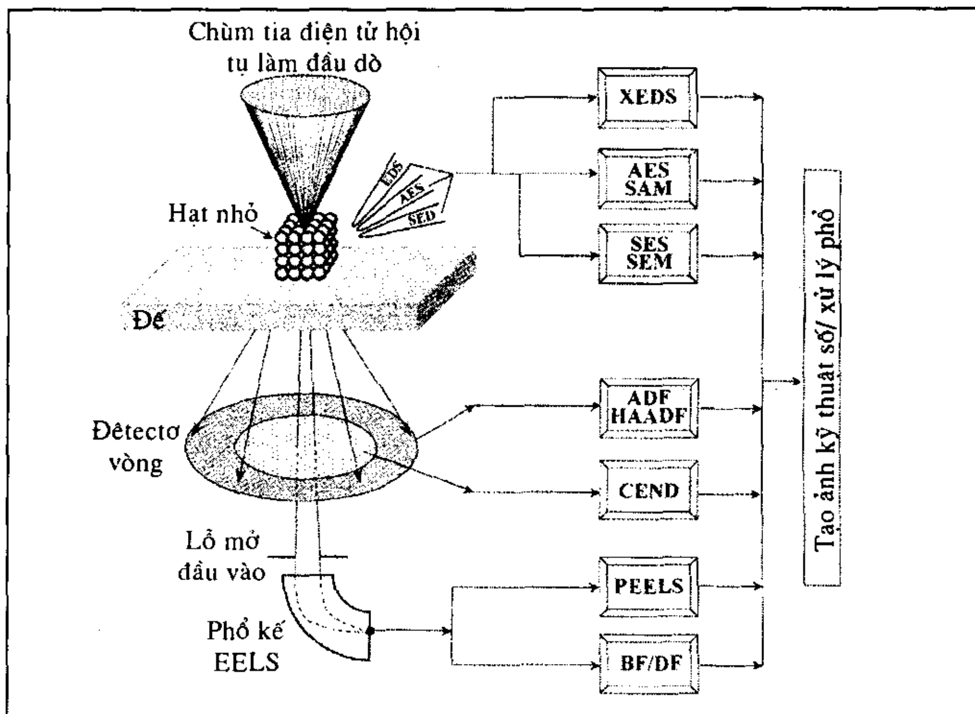
Loại hiển vi này có nhiều chức năng, có thể cho biết cấu trúc thành phần hoá học, hình thái của từng hạt riêng biệt nhỏ đến kích cỡ nanomet thậm chí đến kích cỡ nguyên tử.



Hình 4.3: **Các tín hiệu phát ra khi chùm điện tử chiếu vào mẫu**

Ở hiển vi điện tử truyền qua chùm tia điện tử chiếu song song đến mẫu còn ở hiển vi điện tử quét truyền qua người ta dùng súng điện tử phát xạ trường (FEG - Field Emission Gun) tạo ra nguồn điện tử mảnh, đường kính chỉ 4-5nm và độ sáng nghìn lần lớn hơn. Các thấu kính lại tập trung chùm điện tử mảnh ấy thành điểm cực nhỏ, đường kính có thể nhỏ hơn 0,2nm chiếu lên mẫu. Nhiều loại hạt, nhiều loại tia phát ra khi có chùm điện tử chiếu tại điểm cực nhỏ đó (hình 4.3).

Tương tự như ở hiển vi điện tử quét người ta cho điểm mà chùm tia điện tử tập trung chiếu lên mẫu quét theo hàng theo cột trên một diện tích nhỏ trên bề mặt mẫu, đồng thời tia điện tử của đèn hình cũng quét theo hàng theo cột trên màn hình một cách đồng bộ. Nhiều loại đêtectơ được bố trí để thu tín hiệu từ mẫu phát ra và khuếch đại lên để điều khiển độ sáng tối của tia điện tử quét trên màn hình. Hình 4.4 vẽ sơ đồ nguyên lý của một hiển vi điện tử quét truyền qua.



Hình 4.4: **Hiển vi điện tử quét truyền qua STEM**

Qua hình 4.4 ta thấy loại hiển vi này có những khả năng sau:

XEDS *(X-Ray Energy Dispersive Spectroscopy)*	: Phân tích theo năng lượng của tia X từ mẫu phát ra, từ đó biết được các nguyên tố có trong diện tích (thể tích) nanô.
AES/ SAM *(Auger Electron Spectroscopy - Scanning Auger Microscopy)*	: Phân tích theo điện tử Auger, biết được các nguyên tố có trong lớp mỏng bề dày chừng nửa nanomet. Tạo ảnh điện tử Auger để biết phân bố nguyên tố trên bề mặt.
SES/ SEM *(Secondary Electron Spectroscopy - Secondary Electron Microscopy)*	: Phân tích theo phổ của điện tử thứ cấp Tạo ảnh điện tử thứ cấp để có hình thái bề mặt.
ADF HAADF *(Annular Dark Field -High-Angle Annular Dark Field)*	: Thu điện tử tán xạ xa chùm tia giữa để tạo ảnh trường tối, dễ thấy được các nguyên tử có nguyên tử số lớn nghiên cứu các "chùm" nguyên tử. Tương tự như trên nhưng với góc tán xạ lớn hơn dễ phân biệt những hạt tinh thể nhỏ.
CEND *(Coherent Electron Nano Diffraction)*	Tạo ảnh nanô nhiễu xạ chỉ của những điện tử tán xạ kết hợp, cho biết cách sắp xếp các nguyên tử trong hạt nanô.
PEELS *(Parallel Electro Energy - Loss Spectroscopy)*	Phổ mất mát năng lượng của điện tử song song. Phân tích biết được chi tiết hơn về thành phần hoá học và cấu trúc của mẫu.
BF/DF *Bright Field, Dark Field Microscopy*	Tạo ảnh trường tối và ảnh trường sáng

Như vậy hiển vi điện tử quét truyền qua thực hiện nhiều nhiệm vụ của hiển vi điện tử quét nhưng ở mức độ tinh vi hơn nhiều còn về nhiệm vụ hiển

vi điện tử truyền qua, có một đặc điểm rất khác là việc tạo ra ảnh không phải thực hiện đồng loạt đối với mọi điểm ảnh mà là quét lần lượt, thời gian tạo ảnh lâu hơn nhưng mẫu rất ít bị hư hại. Gọi là kính hiển vi nhưng thực tế là cả một hệ thống vừa để tạo ảnh, vừa để phân tích từng diện tích nhỏ hơn kích thước nanô.

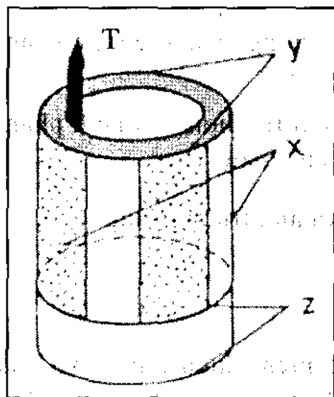
4.4. HIỂN VI QUÉT ĐẦU DÒ (SPM - SCANNING PROBE MICROSCOPE)

Hiển vi quét đầu dò thực ra là một loạt kính hiển vi ra đời từ sau năm 1981, năm mà Binnig và Rohrer ở IBM Zurich công bố chế tạo được hiển vi quét tunen (STM - Scanning Tunneling Microscope) thấy được từng nguyên tử trên bề mặt. (Năm 1986 - công trình này được giải Nobel vật lý). Sau hiển vi tunen, nhiều hiển vi khác ra đời, phổ biến nhất là hiển vi lực nguyên tử (AFM - Atomic Force Microscope).

Hiển vi tunen, hiển vi lực nguyên tử và nhiều loại hiển vi mới nữa được gọi theo tên chung là hiển vi quét đầu dò. Sáng kiến lớn nhất áp dụng ở đây là dùng áp điện điều khiển dịch chuyển cơ học cực kỳ tinh vi, quét đầu dò với độ chính xác kỷ lục: phần trăm nanomet. Cách quét này do Bining và Rohrer nghĩ ra, lần đầu tiên được dùng ở hiển vi quét tunen và đã trở thành tiêu biểu cho cách điều khiển các thao tác nanô trong công nghệ nanô hiện nay.

Bộ quét làm việc theo nguyên lý như sau: các loại vật liệu áp điện như thạch anh, tinh thể áp điện secnhet, gốm PZT v.v... khi có điện thế tác dụng thì sinh ra áp suất (áp điện) tức là có biến dạng. Một thanh gốm PZT có mạ điện cực ở hai bên khi có hiệu điện cỡ 100V có thể biến dạng co vào hay dãn ra đến micromet. Vậy thay đổi điện thế cỡ milivôn có thể làm dịch chuyển cỡ nanomet.

Nguyên lý cấu tạo của bộ quét áp điện vẽ ở hình 4.5.



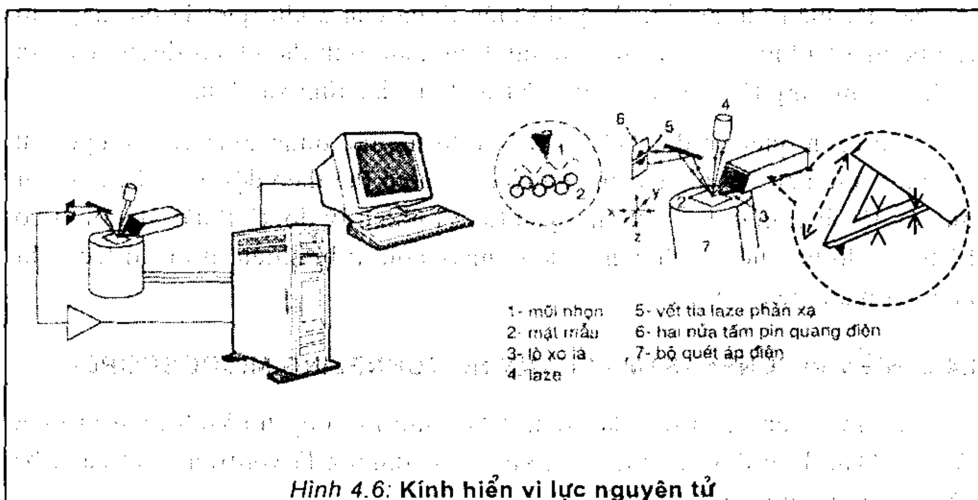
Hình 4.5: **Bộ quét áp điện. Tác dụng điện thế vào cặp điện cực X và cặp điện cực Y mũi nhọn T dịch chuyển theo X và theo Y (quét). Tác dụng điện thế vào cặp điện cực Z mũi nhọn T dịch chuyển theo Z.**

Nếu gắn mũi nhọn làm đầu dò trên bộ quét và đặt mũi nhọn gần bề mặt mẫu thì có thể thông qua điện thế tác dụng ở các điện cực, điều khiển mũi nhọn quét theo các chiều x, y cũng như dịch chuyển mũi nhọn xa hay gần theo chiều z với độ chính xác theo mỗi chiều nhỏ hơn phần trăm nanomet. Tương tự có thể thực hiện các phép quét, phép dịch chuyển bằng cách cho mũi nhọn cố định và gắn mẫu trên bộ quét.

Ở hiển vi quét đầu dò, người ta dùng bộ áp điện để quét (cơ học) đầu dò (thường có hình dạng mũi nhọn) trên bề mặt mẫu, đồng thời ở đèn hình cho tia điện tử quét trên màn hình. Việc quét đầu dò và quét tia điện tử phải rất đồng bộ, chỉ khác nhau ở chỗ diện tích quét trên mẫu của đầu dò là rất nhỏ (cỡ nanomet) còn diện tích quét trên màn hình của tia điện tử là rất lớn, cỡ bằng diện tích màn hình. Tín hiệu thu được ở đầu dò quét trên mẫu được khuếch đại dẫn đến làm thay đổi cường độ sáng của tia điện tử quét trên màn hình. Ý nghĩa độ tương phản của ảnh quan sát được trên màn hình phụ thuộc vào đầu dò thu tín hiệu gì của mẫu và cách xử lý tín hiệu.

4.4.1. HIỂN VI LỰC NGUYÊN TỬ AFM

Hiển vi lực nguyên tử là một loại hiển vi quét đầu dò có ứng dụng rộng rãi nhất. Đầu dò ở đây nhạy với lực hút giữa các nguyên tử, cấu tạo của đầu dò và của kính hiển vi lực nguyên tử vẽ ở hình 4.6.



Hình 4.6: **Kính hiển vi lực nguyên tử**

1. Mũi nhọn; 2. Mặt mẫu ; 3. Lò xo lá; 4. Laze; 5. Vết tròn laze phản xạ; 6. Hai nửa tấm pin quang điện; 7. Bộ quét áp điện.

Đầu dò là một mũi rất nhọn (hình 4.6) nhọn đến mức ở đầu cùng của mũi xem như chỉ có một nguyên tử. Mũi nhọn được gắn trên lò xo lá bề dày chỉ vào cỡ 1μm nên rất nhạy. Khi đưa mũi nhọn lại gần bề mặt mẫu, nguyên tử ở đầu mũi nhọn bị các nguyên tử ở bề mặt mẫu tác dụng (hút hoặc đẩy tuỳ theo xa hay gần bề mặt), lò xo lá bị cong. Tia laze tập trung chiếu lên mút lò xo lá, bị phản xạ rồi chiếu lên hai nửa tấm pin quang điện thành một vệt sáng tròn. Lúc lò xo lá bị cong, vệt sáng này di chuyển, hai nửa tấm pin quang điện được chiếu sáng lệch nhau. Căn cứ vào chênh lệch dòng quang điện (được khuếch đại nhờ bộ khuếch đại vi sai) có thể biết được lò xo lá cong nhiều hay ít tức là biết được lực hút giữa các nguyên tử lớn hay bé. Nhờ bộ quét áp điện, mũi nhọn được đưa gần và quét theo hàng, theo cột trên bề mặt mẫu. Dùng dòng điện khuếch đại vi sai để làm thay đổi độ sáng của tia điện tử quét trên màn hình, ta có được ảnh lực nguyên tử chỗ sáng hay chỗ tối trên ảnh tương ứng với chỗ nguyên tử mũi nhọn gần (hút mạnh) hay xa (hút yếu) nguyên tử ở bề mặt. Như vậy ảnh hiển vi lực nguyên tử phản ảnh độ lồi lõm trên bề mặt mẫu, có thể chính xác đến mức thấy từng nguyên tử.

Trong thực tế người ta quét mũi nhọn (theo x, y) và cho dòng khuếch đại vi sai về mạch phản hồi để điều khiển để mũi nhọn lên xuống theo z sao cho dòng khuếch đại vi sai không thay đổi. Như vậy khi quét, mũi nhọn luôn luôn lượn lên xuống theo chỗ cao chỗ thấp trên bề mặt mẫu sao cho khoảng cách đến bề mặt mẫu không đổi. Vậy độ biến thiên của z khi quét là độ mấp mô trên bề mặt và biểu diễn độ sáng ở ảnh trên màn hình theo biến thiên của z ta có được ảnh sáng tối theo độ mấp mô trực tiếp và chính xác hơn.

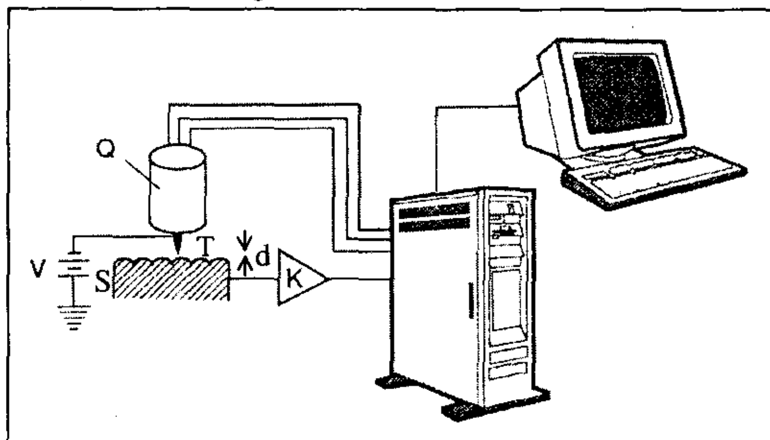
Nhờ cách quét áp điện và nhờ cách đo lực tác dụng giữa các nguyên tử rất chính xác nên với hiển vi lực nguyên tử ta có thể theo dõi được bề mặt vật rắn với độ phân giải đến từng nguyên tử. Vì nhiều lý do kỹ thuật, người ta có thể bố trí đo lực theo cách cộng hưởng nhạy hơn, ít bị nhiễu, ít bị sai lệch khi mẫu ướt mẫu mềm v.v...

4.4.2. HIỂN VI TUNEN (STM - SCANNING TUNNELING MICROSCOPE)

Là kính hiển vi ra đời đầu tiên, từ đó mở ra dòng họ kính hiển vi quét đầu dò. Đầu dò ở đây là mũi nhọn kim loại (thường là vonfram) đặt cách bề mặt mẫu một khoảng d rất nhỏ.

Khi có hiệu thế V giữa mũi nhọn và mẫu (mẫu phải là dẫn điện) tuy có

khoảng d là cách điện (không khí hoặc chân không) khi d rất nhỏ vẫn có một dòng điện chạy qua. Đó là dòng điện tunen (xuyên hầm), dòng điện sinh ra do các hiệu ứng lượng tử. Dòng điện tunen phụ thuộc nhiều yếu tố, đặc biệt là phụ thuộc rất mạnh vào khoảng cách d, theo hàm mũ.



Hình 4.7a **Nguyên lý hoạt động của hiển vi tunen**

T: mũi nhọn; S: mẫu; Q: bộ quét; K: khuếch đại

Dòng tunen đi từ mũi nhọn qua khoảng cách d (cách điện) chạy vào mẫu

Dùng bộ quét áp điện để quét mũi nhọn trên bề mặt mẫu và dùng dòng tunen để điều khiển độ sáng tối của tia điện tử quét trên màn hình, chỗ nào mũi nhọn gần mặt mẫu (d nhỏ) dòng tunen lớn, chỗ tương ứng trên màn hình sẽ sáng và ngược lại. Ảnh hiển vi tunen ở chế độ này cho thấy độ cao thấp, lồi lõm trên bề mặt mẫu. Thực tế để thấy bề mặt chính xác đến từng nguyên tử một người ta tạo ảnh bằng cách đưa dòng tunen về mạch phản hồi để điều khiển mũi nhọn lên xuống sao cho dòng tunen không thay đổi khi quét, tức là d không thay đổi: Biến thiên độ cao z của mũi nhọn được chuyển thành tương phản sáng tối của ảnh trên màn hình. Ảnh hiển vi tunen ở chế độ này cho biết trực tiếp hơn biến thiên chiều cao trên bề mặt mẫu và có thể chính xác đến mức thấy từng nguyên tử. Thực ra dòng tunen còn phụ thuộc trạng thái điện tử của mẫu ở chỗ gần mũi dò. Dịch chuyển mũi dò, có thể theo dõi được các trạng thái này thay đổi ra sao khi mũi dò ở gần và ở xa nguyên tử trên bề mặt.

Cũng như hiển vi lực nguyên tử, hiển vi tunen là một công cụ rất quan trọng của công nghệ nanô. Bên cạnh việc theo dõi được bề mặt với độ chính xác đến mức thấy được từng nguyên tử, hiển vi tunen còn là công cụ để đào

lấy ra hay đắp thêm vào bề mặt vật dẫn những nhóm nhỏ vài chục nguyên tử, thậm chí một vài nguyên tử. Ta sẽ thấy rõ cách khắc hình bằng hiển vi tunen này ở phần sau.

4.4.3. HIỂN VI QUANG HỌC QUÉT TRƯỜNG GẦN (NSOM - NEAR FIELD SCANNING OPTICAL MICROSCOPE)

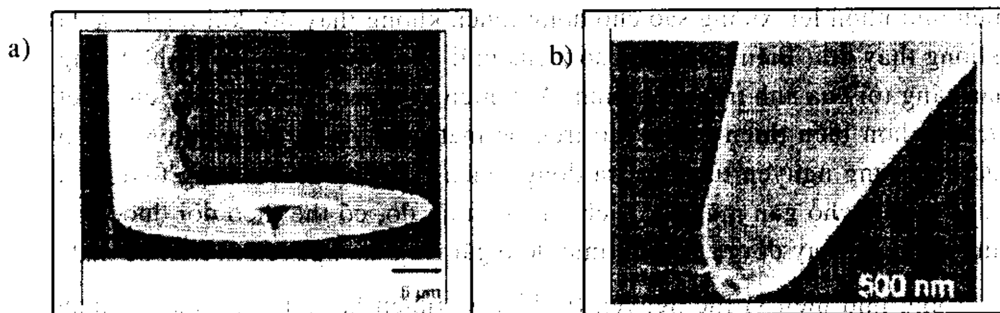
Ở hiển vi quang học thông thường, ánh sáng được hội tụ chiếu vào mẫu, vật kính tạo ra ảnh phóng đại của mẫu và ảnh do vật kính tạo ra lại được dùng làm vật cho các thấu kính tiếp theo phóng đại lên. Độ phóng đại cuối cùng bằng tích của các độ phóng đại của các thấu kính. Đây là cách phóng đại nhiều lần bằng cách ghép thấu kính. Với cách phóng đại này các tia sáng đồng thời qua cả diện tích của mẫu và đồng thời qua các thấu kính để tạo ra ảnh phóng đại cuối cùng. Do đồng thời qua các thấu kính như vậy nên năng suất phân giải của hiển vi quang học bị hạn chế bởi hiện tượng nhiễu xạ. Tính toán của Abbe cho thấy rằng nếu dùng ánh sáng bước sóng λ và thấu kính có khẩu độ là NA ($NA = n\sin\theta$) thì khoảng cách nhỏ nhất có khả năng phân biệt được (năng suất hay là độ phân giải) là:

$$d = 0{,}61\lambda/NA$$

Như chúng ta đã biết người ta đã tìm nhiều cách tăng NA để d giảm, nhưng NA tốt nhất cũng cỡ bằng 1. Vậy năng suất phân giải tốt nhất của hiển vi quang học về lý thuyết là:

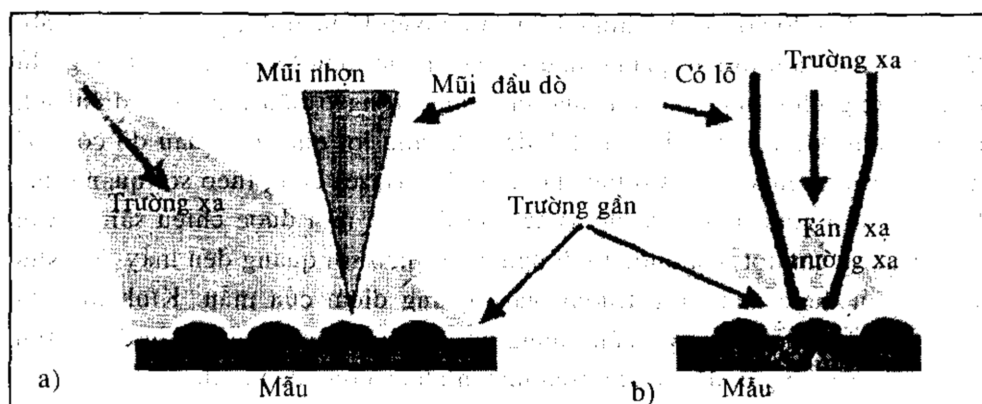
$$d = 0{,}61\lambda$$

Vì rất khó đạt được giá trị d lý thuyết nên về thực hành có thể xem $d \approx \lambda$.



Hình 4.7: **Đầu dò ở hiển vi quang học quét trường gần**

a: Đầu dò mũi nhọn; b: Đầu dò có lỗ



Hình 4.8. **Nguyên tắc làm việc của đầu dò ở hiển vi quang học quét trường gần.**

a. Ánh sáng từ xa chiếu vào mẫu. Đầu mũi nhọn đưa ánh sáng trường gần dẫn theo sợi quang ra máy đo; b. ánh sáng từ ngoài được dẫn theo sợi quang qua lỗ nhỏ chiếu vào mẫu. Lỗ nhỏ nhận ánh sáng trường gần và theo sợi quang ra máy đo.

Ánh sáng trông thấy có bước sóng trong khoảng 400nm đến 700nm. Như vậy độ phân giải lý thuyết của hiển vi quang học vào cỡ 300nm, thực tế cỡ 500nm. Thực ra ở kính hiển vi quang học thông thường ánh sáng từ mẫu đi ra phải đi một đoạn tương đối dài mới đến được thấu kính để tạo ra ảnh. Có thể gọi một cách đầy đủ đó là hiển vi quang học trường xa. Tuy nhiên khi ánh sáng chiếu đến mẫu còn có những sóng ánh sáng định xứ sát ở bề mặt mẫu không ra xa được. Trường ánh sáng ở gần này cũng phản ánh những chi tiết ở bề mặt mẫu. Có thể bố trí một đầu dò đặc biệt để dò được sóng ánh sáng định xứ gần bề mặt đó, đo được chỗ nào mạnh, chỗ nào yếu. Cho đầu dò này quét trên bề mặt mẫu và dùng cường độ ánh sáng mà đầu dò thu được để làm thay đổi độ sáng của các điểm ảnh trên màn hình. Ảnh có được là ảnh của trường ánh sáng gần bề mặt mẫu và tạo bằng cách quét nên có tên gọi là ảnh *hiển vi quang học quét trường gần*. Hiện nay đã có nhiều cách làm những đầu dò đặc biệt đó và trên thị trường đã có bán nhiều kính hiển vi quang học quét trường gần.

Loại đầu dò không có lỗ vẽ ở hình 4.7a và nguyên lý hoạt động vẽ ở hình 4.8a. Đây là một sợi quang được cắt ngang và dùng cách ăn mòn để có một mũi thật nhọn nhô ra ở giữa, đường kính mũi nhọn 100nm. Chiếu ánh sáng (laze) vào mẫu, đưa mũi nhọn quét sát gần bề mặt. Ánh sáng trường gần đến mũi nhọn và được dẫn ra ngoài theo cáp quang để tạo ảnh theo phương pháp quét.

Loại đầu dò có lỗ vẽ ở hình 4.7b và nguyên lý hoạt động vẽ ở hình 4.8b. Đầu dò cũng làm từ sợi quang, đầu sợi hơi nhọn, phủ lớp kim loại mỏng, đủ ngăn không cho ánh sáng lọt qua, chỉ chừa trống ở đầu mũi một diện tích tròn, đường kính 50nm. Đó là "lỗ" để ánh sáng lọt qua. Đưa đầu dò có "lỗ" này vào sát bề mặt mẫu. Có thể cho ánh sáng (laze) cũng theo sợi quang qua lỗ chiếu vào mẫu, như vậy chỉ vùng gần đầu dò mới được chiếu sáng. Ánh sáng trường gần lọt qua được lỗ đi ngược lại theo sợi quang đến máy đo. Như vậy là thu được ánh sáng trường gần ở từng điểm của mẫu. Kính hiển vi quang học quét trường gần cũng dùng bộ quét áp điện để quét đầu dò và thu ánh sáng trường gần để tạo ảnh trên màn hình của ống đèn hình.

Hiển vi quang học quét trường gần không có độ phân giải cao như hiển vi lực nguyên tử, hiển vi tunen. Nhưng ưu điểm là mẫu không cần dẫn điện như là ở hiển vi tunen, đầu dò tuy ở gần nhưng không tác dụng lực không làm hỏng bề mặt mẫu như ở hiển vi lực nguyên tử. Năng suất phân giải của hiển vi quang học quét trường gần vào cỡ kích thước nhạy cảm của đầu dò, như đã thấy trên, cỡ từ 100nm đến 50nm tốt hơn nhiều so với độ phân giải của hiển vi quang học. Cũng như hiển vi quang học, vì dùng ánh sáng nên đối với hiển vi quang học quét trường gần mẫu gì cứng hay mềm, khô hay ướt cũng quan sát được không làm hư hại.

Hơn nữa ánh sáng trường gần từ bề mặt mẫu có thể dẫn đến máy phân tích quang phổ để phân tích, đặc biệt phân tích theo phổ Raman để biết thành phần. Đó là phép phân tích diện tích cỡ nhỏ hơn micromet vuông.

Bộ quét áp điện có thể đưa đầu dò quét trên diện tích $60x60\mu m^2$ với độ chính xác đến nanomet và đưa đầu dò lên xuống bề mặt mẫu. Kính thường làm việc khi đầu dò cách bề mặt mẫu chừng vài nanomet. Có những động cơ bước điều khiển những dịch chuyển thô trong phạm vi cỡ 10μm trước khi điều khiển tinh bằng bộ quét áp điện. Vị trí mẫu - đầu dò dễ dàng theo dõi trên màn hình.

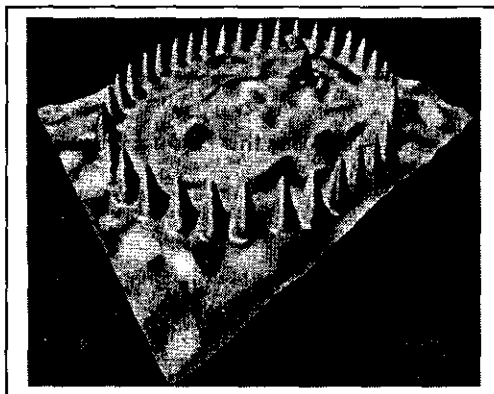
Trong công nghệ nanô, hiển vi quang học quét đầu dò còn được dùng để thực hiện khắc hình nanô vì đầu dò có thể dùng như ngòi bút để chiếu tia sáng kích thước nanô. Theo chương trình cài đặt ở máy tính, ngòi bút đó "vẽ" ánh sáng theo những hình mong muốn theo cách gần như là ở quang khắc.

4.5. BÀN THAO TÁC NANÔ

Sáng chế kính hiển vi quét tunen của Binnig và Rohrer bên cạnh việc cho thấy rõ từng nguyên tử trên bề mặt còn có ý nghĩa cực kỳ quan trọng trong công nghệ nanô: cho phép thao tác chính xác đến từng nguyên tử.

Thật vậy theo nguyên tắc dịch chuyển tinh vi bằng hiệu ứng áp điện người ta có thể làm bộ quét có thể, điều khiển dịch chuyển theo cả ba chiều x, y, z với độ chính xác đến phần trăm nanomet.

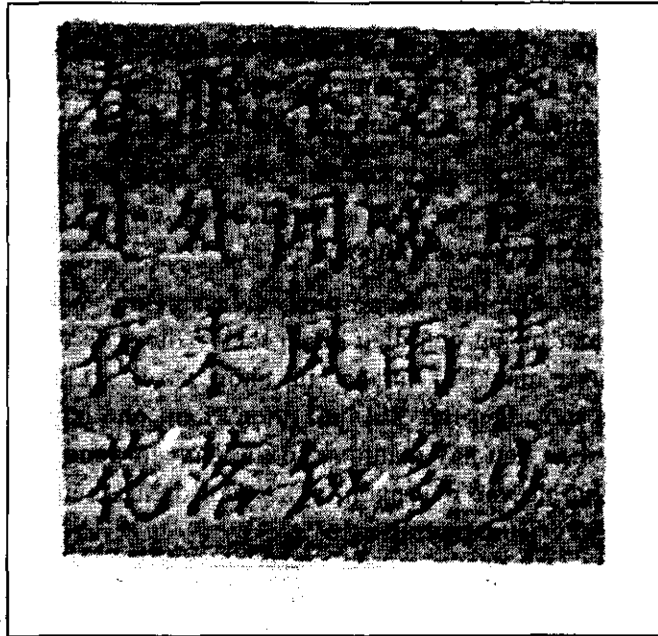
Có thể đặt mẫu lên bàn thao tác và dùng điều khiển x, y để điều khiển mẫu di chuyển trên mặt phẳng còn điều khiển theo z dùng để di chuyển mũi nhọn thao tác lên xuống mẫu. Thí dụ gắn mũi nhọn vào lò xo lá rồi cho giữa mũi nhọn và mẫu có một điện thế, khi mũi nhọn chạm nhẹ hay chạm mạnh vào mẫu sẽ có dòng điện yếu hay mạnh và có thể chuyển dòng điện yếu hay mạnh này thành áp lực đè vào đầu ngón tay. Người điều khiển có cảm giác "sờ mó" được những chi tiết nanô trên mẫu.



Hình 4.9: **San hô lượng tử**

Cũng vậy, tác dụng giữa mũi nhọn và mẫu hiệu thế cỡ hàng chục vôn, do điện trường ở mũi nhọn lớn nên tuỳ theo chiều âm dương của hiệu thế, mũi nhọn có thể đẩy một số nguyên tử từ mũi nhọn xuống bề mặt mẫu "đắp" thành một cái "gò nanô" to cỡ một vài chục nguyên tử hoặc nhấc một số nguyên tử đưa chúng từ bề mặt mẫu lên mũi nhọn, "đào" cái "hố nanô". Chính kết hợp thao tác này với việc dịch chuyển của mũi nhọn theo bề mặt người ta có thể đặt lên bề mặt đồng 36 nguyên tử coban sắp xếp theo hình ellip và một nguyên tử coban ở một tiêu điểm của ellip và quan sát bằng hiển vi tunen thấy được 37 nguyên tử thật và một nguyên tử ảo ở tiêu điểm trống còn lại. Thường gọi đây là san hô lượng tử (hình 4.9).

Cũng theo cách này các nhà khoa học Trung Quốc đã khắc hình nanô bài thơ tứ tuyệt của Mạnh Hạo Nhiên trên một diện tích 10 x 10μm^2.



Hình 4.10: **Bài thơ Đường khắc theo công nghệ nanô, mỗi chiều 10μm.**

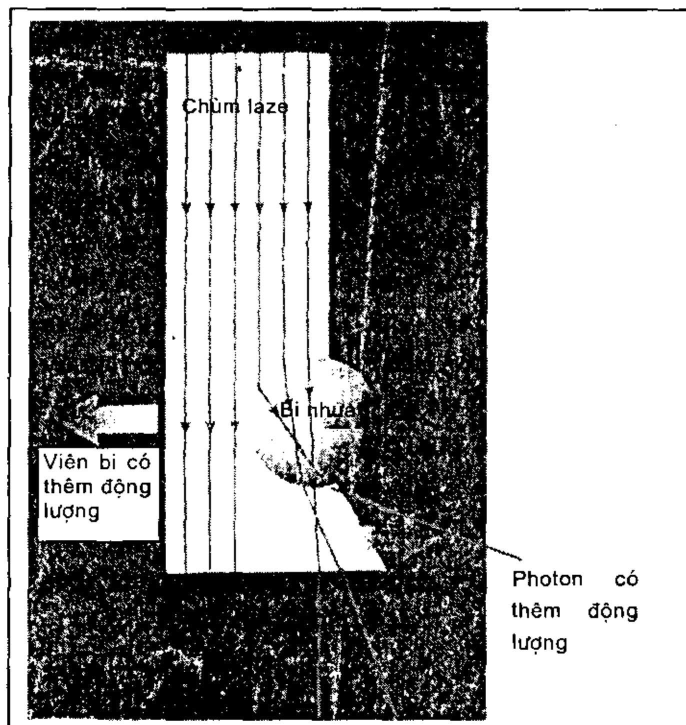
"Xuân miên bất giác hiểu
Xứ xứ văn đề điểu
Dạ lai phong vũ thanh
Hoa lạc tri đa thiểu"

4.6. GẮP VÀ VẶN NANÔ

Đũa gắp nanô:

Trong công nghệ nanô nhiều khi phải gắp những vật nanô để nhấc ra khỏi chỗ này, đặt vào chỗ kia v.v... Một cách làm rất đơn giản, nghe ra có vẻ thô thiển nhưng đích thực là làm được nhiệm vụ gắp nanô, đó là dùng đôi đũa nanô.

Thật vậy, có thể dùng hai ống nanô cacbon, làm hai que như đôi đũa để gắp. Ống nanô cacbon là một dạng rất đặc biệt của tinh thể cacbon, rất nhỏ, loại nhỏ nhất đường kính dưới 2nm còn dài có thể đến micromet hay hơn. Đặc điểm của ống nanô cacbon là rỗng và rất cứng (xem chương 6).



Hình 4.11: **Chùm laze song song chiếu vào bi nhựa đẩy bi nhựa vào giữa chùm tia**

Người ta chọn loại ống nanô nhỏ (loại có một hoặc vài ba vách) gắn hạt vàng vào đầu ống, hạt vàng lại gắn với giá để có thể điều khiển (thí dụ bằng áp điện) làm cho hai ống nanô cacbon xa nhau hoặc sát lại gần nhau, thực hiện động tác gắp. Có thể gắn mẫu cần thao tác với bộ quét áp điện điều khiển dịch chuyển theo x, y và gắn cái gắp với bộ quét điều khiển dịch chuyển theo z. Nhờ vậy có thể điều khiển để đôi đũa ở bất kỳ vị trí nào và điều khiển để gắp bất cứ vật nào, hạt nào để đưa đến vị trí mong muốn. So với mức nguyên tử thì cái gắp này còn thô, chỉ gắp được những vật to cỡ vài nanômet trở lên vì đường kính của chiếc đũa ống nanô cacbon cỡ bằng hoặc lớn hơn 1,5nm.

Cái gắp laze:

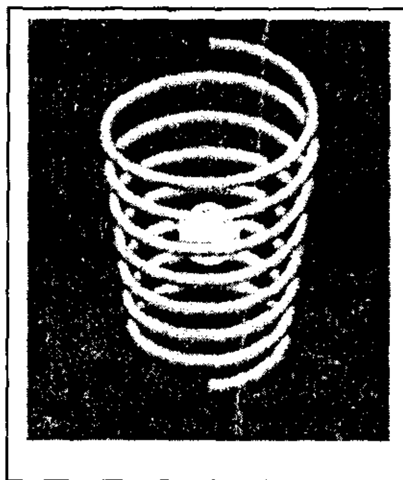
Dùng laze có thể làm được cái gắp, thực hiện nhiều thao tác đối với vật có kích thước nanô. Ta xét một hòn bi nhựa cỡ micromet nằm trên một tấm thủy tinh. Giả sử có chùm tia laze song song kích thước cũng cỡ micromet chiếu vào hòn bi. Do chiết suất của hòn bi nhựa lớn hơn 1 nên tia laze chiếu vào hòn bi nhựa bị khúc xạ như vẽ ở hình 4.11. Nếu quan niệm tia laze là chùm hạt photon thì khi chiếu xuống viên bi, tia laze bị khúc xạ sang bên phải có nghĩa là các hạt photon đang có vectơ động lượng hướng thẳng từ trên xuống dưới thì sau va chạm với viên bi nhựa, vectơ động lượng của photon có thêm thành phần hướng sang bên phải. Theo định luật bảo toàn động lượng, hòn bi có thêm vectơ động lượng bằng và ngược lại, tức là hướng về bên trái. Tia laze là chùm photon rất mạnh nên hòn bi nhựa chịu một lực đáng kể, bị lệch sang trái tức là bị đẩy vào giữa chùm tia. Lập luận tương tự nếu hòn bi lệch một phần ra ngoài chùm tia về phía trái, tia laze lại đẩy hòn bi về bên phải. Kết quả là hòn bi luôn ở giữa chùm tia, lái chùm tia laze đến đâu hòn bi chuyển động theo chùm tia laze đến đấy. Đây là một cách điều khiển chuyển động trên mặt phẳng rất tinh vi và nhẹ nhàng. (vì chỉ dùng photon).

Người ta đã gắn các hòn bi nhựa vào hai đầu của chuỗi xoắn kép ADN và dùng tia laze như trên để mở ra, tách đo từng mối nối A-T, G-C

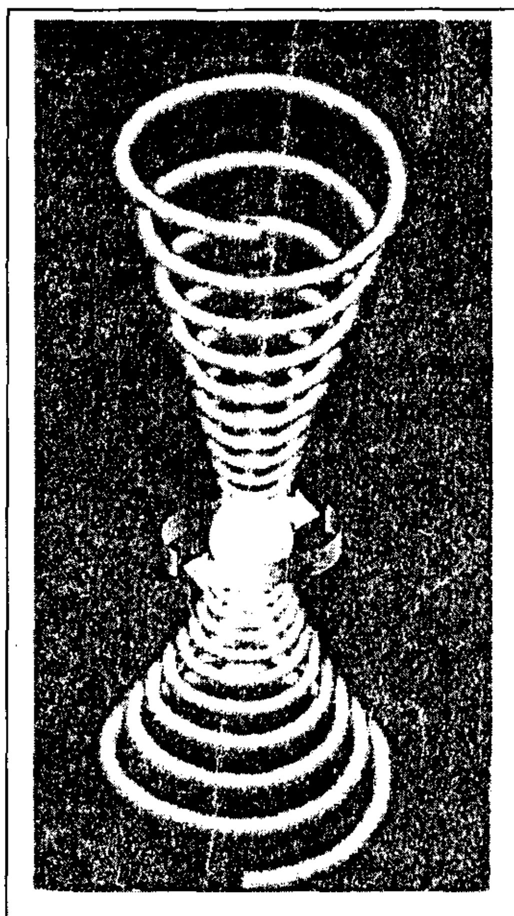
Mỏ lết nanô:

Dùng chùm tia laze kiểu Laguerre - Gaussian nghĩa là chùm tia phân bố cường độ ngoài mạnh trong yếu chiếu vào hòn bi nhựa, hòn bi vừa bị đẩy vào giữa chùm tia vừa bị xoay tròn. Đó là cái mỏ lết laze (hình 4.12).

Nếu thực hiện tiêu tụ chùm tia như vẽ ở hình 4.13, hòn bi không những bị xoay mà còn bị giữ ở chỗ thắt của chùm tia. Đó là cái mỏ lết vừa giữ, vừa xoay.



Hình 4.12: **Tia laze Laguerre - Gaussian giữ và làm quay viên bi**



Hình 4.13: **Tiêu tụ chùm tia laze, giữ được hòn bi trong không gian và làm quay**

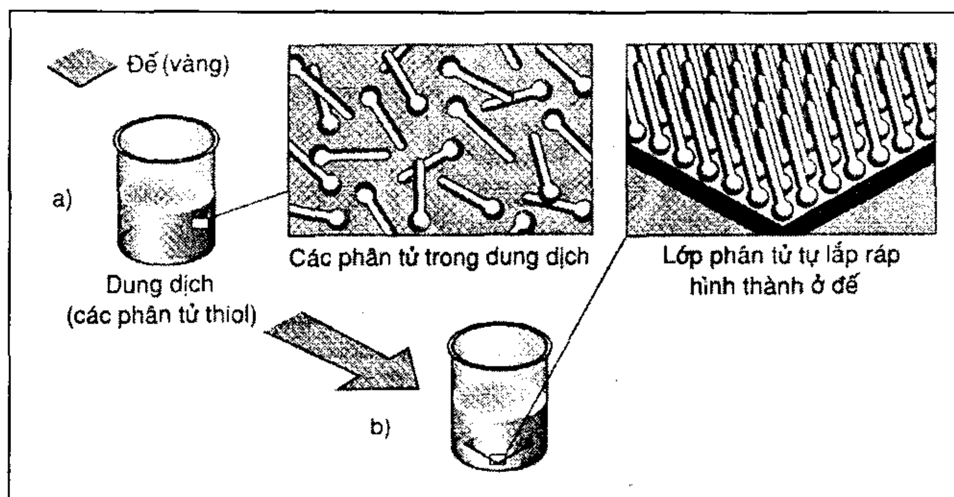
4.7. KHẮC HÌNH NANO KIỂU NHÚNG NGÒI BÚT (DPN - DIP PEN NANOLITHOGRAPHY)

Kỹ thuật khắc hình được nâng lên ở trình độ cao khi phát triển công nghệ vi điện tử. Ở công nghệ này, trên bề mặt tấm silic người ta lần lượt làm các mặt nạ có khắc những hình tinh vi và phức tạp để qua các lỗ trên mặt nạ khuếch tán tạp chất vào chỗ này, tạo đường dẫn điện vào chỗ nọ v.v... làm ra nhiều linh kiện điện tử trên bề mặt tấm silic. Mật độ tích hợp linh kiện (chủ yếu là tranzito) càng cao thì kích thước linh kiện càng nhỏ, việc khắc hình

càng tinh vi tức là các chi tiết ở hình khắc càng có kích thước nhỏ. Trước đây, kích thước mỗi linh kiện như tranzito, điôt nhỏ cỡ hàng chục micromet, việc khắc hình dùng ánh sáng chiếu lên các chất cảm quang nên thường gọi là quang khắc. Về sau mật độ tích hợp cao, kích thước linh kiện nhỏ đến cỡ micromet, phải dùng các tia có bước sóng λ nhỏ hơn của ánh sáng, thí dụ tia tử ngoại, tia X v.v... nên có các phép khắc hình dùng tử ngoại, khắc hình dùng tia X v.v...

Đối với công nghệ nanô, phải làm những linh kiện kích thước nhỏ hơn, từ 100nm đến 1nm nên phải dùng những phép khắc hình tinh vi hơn quang khắc, thí dụ như khắc hình tử ngoại, khắc hình tia X, tia điện tử v.v...

Những trường hợp tinh vi đến mức nguyên tử phải dùng các phép khắc hình dùng bộ quét ở hiển vi quét đầu dò điều khiển mũi nhọn vẽ theo các hình mong muốn và trong lúc đó dùng điện trường ở mũi nhọn tác dụng điện thế để lấy đi hoặc thêm vào các nguyên tử.



Hình 4.14: **Lớp đơn tinh thể tự lắp ráp**

Những cách khắc hình nói trên thực sự không thể đưa vào sản xuất rộng rãi được vì lâu và tốn kém. Suy cho cùng đó là cách làm từ to đến nhỏ, từ một phiến bán dẫn to, đục khoét để dùng những phần rất nhỏ trên phiến bán dẫn đó, phần còn lại chỉ dùng như cái giá đỡ. Cách làm từ to đến nhỏ đó còn được gọi là cách làm từ trên xuống dưới và nói một cách khôi hài thì không khác gì tổ tiên ta thời tiền sử đập hòn đá to ra các hòn đá nhỏ rồi ghè đẽo làm thành

công cụ đồ đá.

Công nghệ nanô đang phát triển những cách khắc hình mới về mặt nguyên lý. Khắc hình nanô kiểu nhúng ngòi bút là một cách mới.

Trước hết là hãy làm quen với khái niệm tự lắp ráp hay là tự sắp xếp qua một thí dụ cụ thể.

Alkanethiol là phân tử có đầu to tròn và đuôi dài. Đầu là nhóm thiol, nhóm sulfua hữu cơ dạng như hình cầu, đuôi là nhóm hyđrôcacbon dài khoảng 1 - 4nm.

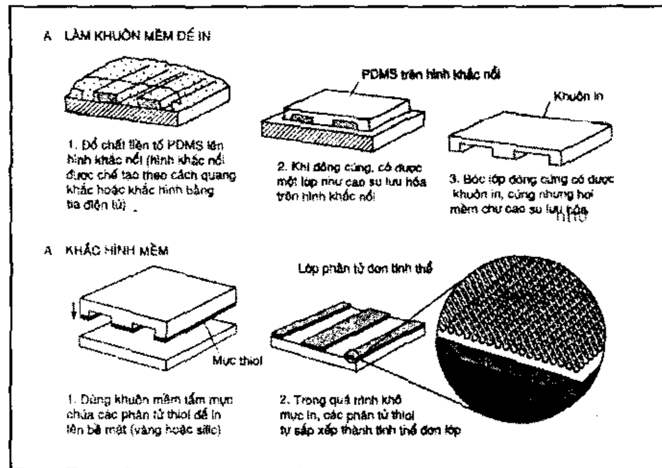
Lấy một cốc dung dịch chứa các phân tử alkanethiol và nhúng vào đấy một lá có mạ phủ trên bề mặt một lớp vàng (hình 4.14). Lưu huỳnh có ái lực lớn đối với vàng nên các đầu thiol quay bám vào vàng, đuôi hyđrôcacbon quay lên trên. Do tương tác, do hình dạng, theo xu hướng năng lượng tự do cực tiểu, các đầu thiol tự xếp trật tự ngay hàng thẳng lối khít nhau và các đuôi hydrocacbon cũng nằm song song nhau. Trên lá vàng có một lớp đơn tinh thể phân tử alkanethiol hình thành do chúng tự lắp ráp.

Có thể từ đơn tinh thể alkanethiol chế tạo ra một linh kiện nào đó tương tự như dùng đơn tinh thể silic để làm tranzito, mạch vi điện tử. Ở đây có khả năng cần đơn tinh thể ở chỗ nào thì cho các phân tử tự lắp ráp hình thành đơn tinh thể ở chỗ đó. Có thể làm được việc này theo cách khắc hình bằng ngòi bút nhúng.

Người ta lấy đế có phủ lớp vàng và dùng ngòi bút là mũi nhọn nhúng mực là dung dịch alkanethiol. Theo cách dịch chuyển bằng bộ quét áp điện người ta cho ngòi bút nhúng mực (mũi nhọn) vẽ hình mong muốn lên bề mặt phủ vàng, bút vẽ đến đâu, chỗ đó có lớp mực dung dịch đến đó. Khi khô, ta có được các lớp đơn tinh thể alkanethiol ở những nơi ngòi bút đã vẽ.

Ở cách khắc hình bằng ngòi bút nhúng phải thực hiện cách khắc hình một cách lần lượt, chương trình điều khiển ngòi bút vẽ như người cầm bút vẽ.

Có thể thực hiện nhanh hơn, rẻ hơn theo cách khắc hình mềm (hình 4.15). Người ta làm khuôn khắc các hình rất tinh vi lồi lên trên bề mặt kiểu như con dấu nhưng bằng vật liệu hơi "mềm". Dùng khuôn con dấu này để in lên đế vàng với mực là dung dịch alkanethiol.



Hình 4.15: **Khắc hình mềm**

Khi mực khô, trên bề mặt vàng ta có các lớp đơn tinh thể ở những vị trí như đã bố trí khi làm khuôn con dấu.

Như vậy kỹ thuật ngày nay đã cho phép nhìn thấy từng nguyên tử, phân tử, gắp từng nguyên tử phân tử để xếp vào chỗ này, chỗ nọ. Kỹ thuật ngày nay cũng cho phép điều khiển để hàng triệu triệu nguyên tử phân tử phát huy nội lực tự mình lắp ráp lại để hình thành cấu trúc mong muốn.

Nội dung trình bày ở chương này chỉ là một số thí dụ về quan sát và điều khiển nanô./.

Chương 5

VẬT LIỆU NANÔ

5.1. VẬT LIỆU NANÔ - CŨ NHƯNG MỚI

Ta thường gặp vật liệu dưới dạng bột. Nói chung bột có các hạt kích thước cỡ hàng chục micromet đã được xem là quá mịn, nhìn dưới kính hiển vi quang học đã khó thấy rõ từng hạt. Còn như kim loại hợp kim tuy là dạng khối nhưng qua phân tích dưới kính hiển vi thì đó là nhiều hạt tinh thể nhỏ kết liền lại với nhau rất chặt chẽ. Kim loại, hợp kim gọi là có hạt nhỏ thì kích thước hạt cũng vào cỡ hàng chục, hàng trăm micromet, loại hạt to kích thước đến milimét, thậm chí đến centimet.

Vật liệu nanô ở dạng bột, cũng như ở dạng khối có kích thước hạt rất nhỏ, cỡ 1 đến 100nm. Tuy nhỏ nhưng những hạt này vẫn có thể có cấu trúc tinh thể, nghĩa là các nguyên tử sắp xếp có trật tự trong phạm vi từng hạt. Tất nhiên mặt ngoài cũng như mặt phân cách giữa các hạt có cấu trúc khác với bên trong và chiếm một tỉ lệ càng đáng kể khi kích thước hạt càng nhỏ.

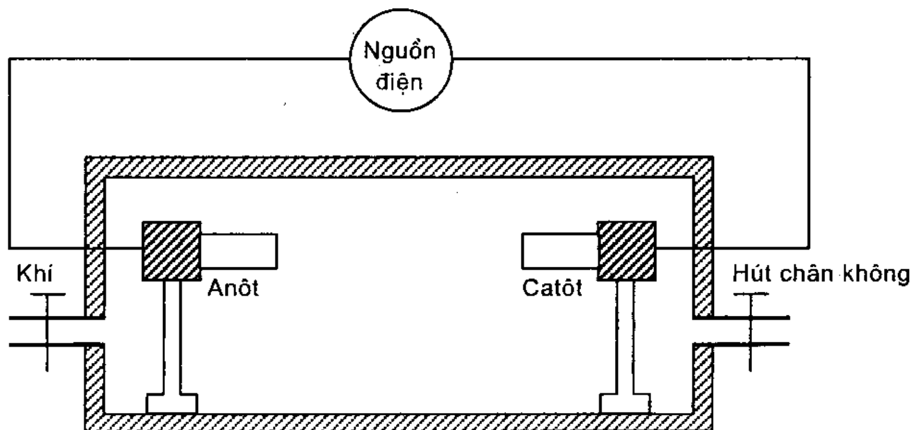
Vật liệu có cấu trúc hạt nhỏ như vậy không phải là hoàn toàn mới. Từ những năm 1900 để làm lốp xe người ta phải trộn vào cao su những hạt than rất nhỏ lấy từ muội than. Các hạt than này màu đen, rất mịn, kích thước hạt vào cỡ nhỏ hơn phần mười micrômét (100nm) trộn đều vào cao su đã làm cho cao su vẫn đàn hồi tốt nhưng không quá mềm, chịu được mài mòn với mặt đường. Thực chất đó là nanô composit. Bột oxyt silic lấy từ bụi khói dùng trộn với chất keo để dán, để sơn phủ v.v... phổ biến từ 1940 cũng là vật liệu nanô.

Nhưng trước đây người ta chỉ mới có ý tưởng chung là dùng bột thật mịn mới tốt, sử dụng một số loại hạt theo kinh nghiệm theo cảm tính chứ chưa nghiên cứu có hệ thống, chưa thấy đầy đủ tính chất ưu viêt và lạ thường của các loại hạt khi kích thước của chúng vào cỡ nanomet. Phân tích kỹ khi kích thước hạt giảm đến nanomet thì lượng các nguyên tử ở bề mặt hạt rất đáng kể so với lượng các nguyên tử ở bên trong hạt. Nói cách khác, một đặc điểm của vật liệu nanô là diện tích mặt ngoài (mặt phân cách) lớn rất đáng kể. Bản thân việc diện tích mặt ngoài lớn cũng đã làm cho những tính chất cơ, quang, từ, điện... khác biệt so với vật liệu thông thường. Mặt khác khi hạt nhỏ thì phần bên trong, phần còn có cấu trúc tinh thể (nguyên tử sắp xếp trật tự) của hạt cũng thu nhỏ lại. Điều này cũng dẫn đến nhiều tính chất lạ, đặc biệt là tính chất điện, từ và quang.

5.2. CHẾ TẠO VẬT LIỆU NANÔ

Vật liệu nanô có thể là bột rời có kích thước hạt nanomet, có thể là vật khối nhưng cấu tạo từ những hạt có kích thước nanomet. Để chế tạo vật liệu nanô như vậy, có những cách mới rất khác với các cách chế tạo vật liệu truyền thống. Nhưng cũng có nhiều cách cũ, nhưng khi chế tạo chỉ phải thay đổi, điều chỉnh nhiều chế độ.

5.2.1. PHÓNG ĐIỆN HỒ QUANG HAY HỒ QUANG PLAZMA



Hình 5.1: **Hồ quang plazma**

Để có phóng điện hồ quang, người ta dùng một cái bình kín có thể hút chân không rồi cho một chất khí, thường là khí trơ thổi qua với áp suất thấp (hình 5.1).

Trong bình có hai điện cực nối với một điện thế, cỡ hàng chục vôn. Khi mồi cho phóng điện, có hồ quang giữa hai điện cực. Khí giữa hai điện cực khi có hồ quang là rất nóng thực chất ở đây có các nguyên tử đã bị mất điện tử trở thành các ion và điện tử tự do. Đó chính là plazma.

Một điện cực (anôt) bị điện tử bắn phá làm cho các nguyên tử ở đấy bốc bay lên, bị mất điện tử trở thành ion dương hướng về catôt. Do đó catôt bị phủ lớp vật chất từ anôt bay sang. Đồng thời có những hạt không đến được catôt nên rơi xuống dưới. Phải chọn chế độ phóng điện hồ quang hợp lý thì mới có được các hạt nanô mong muốn rơi xuống dưới hoặc hình thành ở catôt. Chất làm điện cực phải là dẫn điện. Thành phần hoá học của chất làm điện cực không những có ảnh hưởng quyết định đến thành phần hoá học của các hạt nanô được tạo ra mà còn ảnh hưởng đến việc tạo ra hạt nanô dạng gì, hiệu suất cao hay thấp v.v...

Với phương pháp hồ quang plazma khó tạo ra vật liệu khối, chủ yếu là tạo ra được một lớp bột mịn, hạt nhỏ trên catôt. Phương pháp này có đặc điểm là ban đầu không phải nguyên tử, phân tử trung hoà đến catôt mà là ion mang điện dương nhưng cuối cùng chúng cũng trở thành nguyên tử trung hoà do ion dương thu nhận điện tử ở catôt.

Một dạng tương tự với hồ quang plazma là ion hoá bằng ngọn lửa. Nếu phun vật liệu vào ngọn lửa, các nguyên tử cũng bị ion hoá về nhiệt và cũng bị hút về điện cực âm để tạo ra vật liệu nanô.

5.2.2. PHƯƠNG PHÁP HOÁ VÀ LÝ PHỦ TỪ PHA HƠI (CVD VÀ PVD)

Bằng những phương pháp hoá hoặc lý người ta tạo ra vật liệu dưới dạng hơi rồi cho hơi này ngưng đọng trên bề mặt chất rắn để có lớp phủ. Khi ngưng đọng có thể có phản ứng hoá học xảy ra nên không nhất thiết vật liệu ở lớp phủ phải giống như là vật liệu ở pha hơi.

Để chế tạo bột kim loại tinh khiết, người ta dùng bình kín, hút chân không cao và đốt nóng kim loại để kim loại nóng chảy rồi bốc bay lên hoặc trực tiếp bốc bay lên từ pha rắn (thăng hoa). Hơi kim loại bay lên được ngưng

tụ lại trên bề mặt vật rắn đặt gần đấy cũng ở trong bình chân không.

Để chế tạo bột với khối lượng đáng kể người ta dùng lò cao tần (vi sóng) để làm nóng chảy và bốc bay liên tục. Hơi được dẫn qua ống có bề mặt được làm lạnh bằng nước nên ngưng tụ lại, tạo thành bột kim loại, được làm lạnh tiếp để bột rơi xuống, lọc lấy ra ngoài.

Muốn tạo bột oxyt hoặc nitrit kim loại, thay cho chân không cao người ta cho khí oxy hay khí nitơ ở áp suất thích hợp thổi qua bình. Cùng với sự ngưng đọng trên bề mặt, có các phản ứng hoá học xảy ra tạo được bột với thành phần mong muốn.

5.2.3. PHƯƠNG PHÁP MẠ ĐIỆN

Phương pháp mạ điện vẫn được dùng rất phổ biến để tạo ra các lớp kim loại mỏng trên bề mặt vật dẫn điện. Dung dịch điện phân, chất liệu ở điện cực, mật độ dòng điện, điện thế, nhiệt độ v.v... là những yếu tố quan trọng để có lớp mạ có chất lượng.

Thông thường yêu cầu chất lượng lớp mạ là phải bám chắc vào bề mặt, phải láng bóng, phải đặc nghĩa là khối lượng riêng của lớp mạ giống như là khối lượng riêng của vật liệu khối xuất phát. Đối với công nghệ nanô có thể có ba yêu cầu khác nhau.

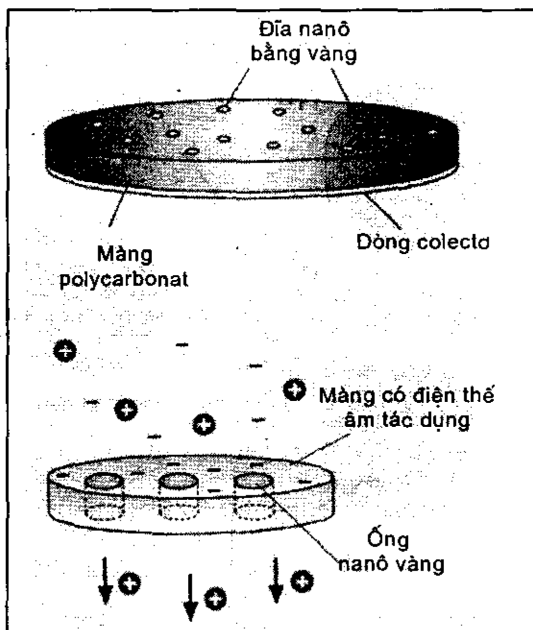
- Cần một lớp vật liệu như thông thường nhưng mỏng (một chiều cỡ nanomet), thí dụ làm điện cực (dẫn điện), làm lớp lót để có ái lực nhằm thu hút một số nguyên tử, phân tử nào đó bám vào.

- Cần lớp vật liệu đặc nhưng có cấu trúc hạt tinh thể rất nhỏ. Chọn chế độ mạ thích hợp có thể có được lớp mạ dày, đặc với cấu trúc tinh thể là những hạt nhỏ, đến kích cỡ nanomet. Đây là vật khối có các hạt tinh thể nanô.

- Có thể chọn chế độ để lớp phủ hình thành ở điện cực không phải là liên tục mà là gồm các hạt nanô rời, liên kết với nhau yếu. Lớp phủ không thật đặc, bề mặt không láng bóng mà có nhiều nhấp nhô vi mô. Dùng trực tiếp hoặc cạo ra lấy bột.

Thí dụ có thể mạ để có platin sáng bóng, rất đồng đều. Nhưng cũng có thể mạ để có lớp phủ platin gồm các hạt platin đen mịn, có tính chất như vật đen lý tưởng, dùng làm mặt hấp thụ bức xạ nhiệt.

Việc mạ điện không phải đơn thuần là chuyển vật liệu từ điện cực này sang điện cực kia để tạo thành lớp mỏng. Rất nhiều trường hợp chất tạo ra lớp phủ lấy từ trong dung dịch, đó là hỗn hợp các chất ở dạng lỏng. Màng có cấu trúc nanô của paladi, niken, vàng, polyme hữu cơ (thí dụ polyanilin), các oxyt, bán dẫn v.v... đều được chế tạo theo cách mạ điện từ hỗn hợp ở dạng lỏng. Các màng này được dùng ở pin, pin nhiên liệu, pin mặt trời, lớp tản nhiệt và đổi màu phủ ở cửa kính, cảm biến, linh kiện photonic v.v...



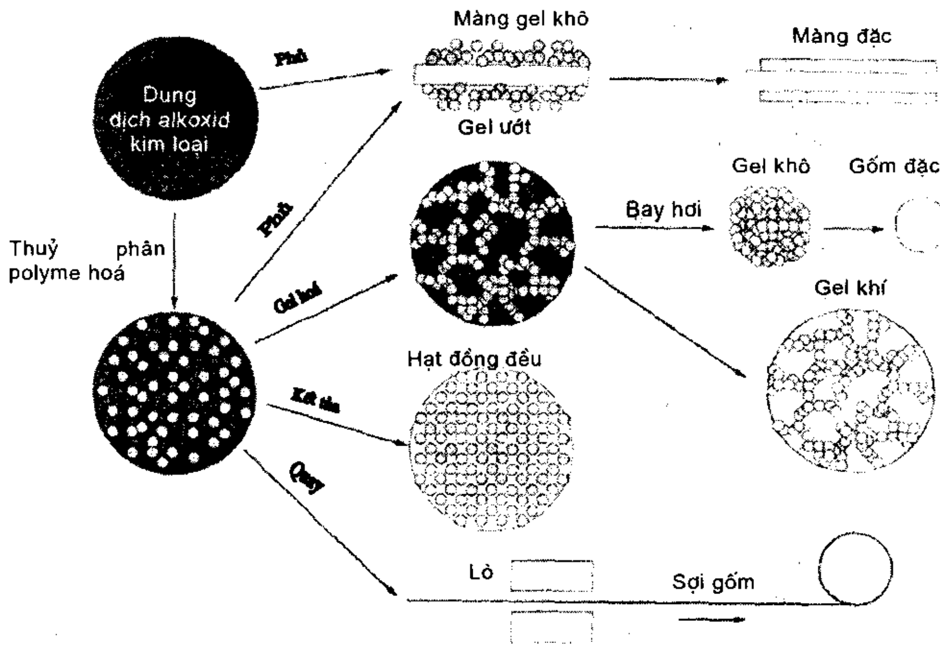
Hình 5.2: **Nanocomposit kim loại - chất dẻo để tách ion có chọn lọc**

Phương pháp mạ điện còn được dùng để lấp lỗ nanô trong màng polyme để tạo ra các điện cực nanô nhằm điều khiển ion chuyển động. Đó là màng nhân tạo có các kênh ion điều khiển được, thí dụ cấu tạo của nanocomposit kim loại - chất dẻo để phân tách chọn lọc ion vẽ ở hình 5.2.

5.2.3. PHƯƠNG PHÁP SOL - GEL

Hạt keo là những hạt nhỏ cỡ từ vài chục cho đến một trăm micromet. Khi những hạt nhỏ như vậy lơ lửng trong một chất lỏng, người ta gọi huyền phù đó là sol (lỏng). Sol không có hình dạng riêng, nó có hình thù của bình đựng. Khi sol biến đổi chuyển sang trạng thái đông đặc để có hình dạng riêng thì gọi là gel. Vậy quá trình sol - gel là quá trình hình thành dung dịch huyền phù của chất keo (sol) rồi biến hoá để đông keo lại (gel). Quá trình này được dùng để làm bột mịn với các hạt bột có dạng hình cầu, làm màng mỏng để phủ lên bề mặt, làm gốm sứ thủy tinh, làm các màng xốp tức là màng có nhiều lỗ nhỏ.

Quá trình sol - gel và sản phẩm thu được có thể tóm tắt ở hình 5.3.



Hình 5.3: **Công nghệ Sol - gel và sản phẩm từ Sol - gel**

Vật liệu xuất phát để làm ra "sol" thường là muối kim loại vô cơ hoặc là hợp chất kim loại hữu cơ thí dụ là oxyt kim loại kiềm. Trong quá trình sol gel thông thường chất tiền tố cùng với một loại quá trình thuỷ phân và phản ứng polyme hoá tạo ra được keo huyền phù, đó là sol. Dùng phương pháp phủ quay (spin coating) hay phủ nhúng (dip coating) có thể có được màng gel khô trên bề mặt đế. Màng này còn xốp làm nóng lên ta có được màng đặc trên đế.

Khi đổ sol vào khuôn do chuyển hoá từ sol ta có gel ướt; gel ướt có hình dạng của cái khuôn. Nếu tiếp tục làm bay hết nước trong gel ta những có gel khô. Từ gel khô tiếp tục nung nóng, ta có gốm đặc vì các hạt sau khi đã hết nước dưới ảnh hưởng của nhiệt độ liên kết chặt lại với nhau.

Nếu ở trạng thái gel ướt ta rút nước đi trong điều kiện tới hạn, sẽ có được vật liệu chứa rất nhiều lỗ trống nên khối lượng riêng của vật liệu rất thấp và tên gọi của vật liệu này là gel khí.

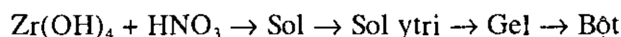
Điều chỉnh độ nhớt của sol thích hợp từ sol có thể kéo ra sợi, nung nóng lên có được sợi gốm vì cấu tạo của sợi là gồm nhiều hạt nhỏ liên kết lại.

Dùng cách kết tủa, phun qua ngọn lửa hoặc dùng kỹ thuật nhũ tương có thể có được những hạt rất mịn. Đó là cách thích hợp với sản xuất để chế tạo bột nanô dùng cho công nghiệp.

Phương pháp sol - gel hiện nay là phương pháp hữu hiệu nhất để chế tạo nhiều loại bột nanô với cấu trúc, thành phần mong muốn, dễ điều khiển kích thước hạt và đồng đều, đặc biệt là giá thành hạ.

Các loại bột từ, bột bán dẫn với yêu cầu về thành phần, độ tinh khiết, kích thước hạt nhất định v.v... thường được chế tạo bằng phương pháp sol-gel vừa dễ có được số lượng đủ dùng cho công nghiệp vừa có giá thành hợp lý, có khả năng cạnh tranh.

Điều chủ yếu của phương pháp này là điều khiển tốt các phản ứng hoá học, nói đúng hơn là các quá trình hoá lý. Thí dụ để sản xuất bột nanô oxyt zirconi, ban đầu phải chuẩn bị sol bằng cách cho nitric zirconi hoà tan trong acid nitric. Tuy nhiên phải thêm chất có hoạt tính bề mặt là sol ytri vào thì mới điều khiển được việc tạo ra những hạt hình cầu ở trong gel. Từ đó xử lý gel, ta có được bột nanô oxyt zirconi. Sơ đồ của quá trình đó như sau:



$$Zr(OH)_4 + HNO_3 \rightarrow \text{Sol} \rightarrow \text{Sol ytri} \rightarrow \text{Gel} \rightarrow \text{Bột}$$

5.2.4. PHƯƠNG PHÁP NGHIỀN BI

Phương pháp này nghe ra có vẻ thô sơ, cổ xưa nhưng thực tế trong một số trường hợp lại là rất hiệu quả trong việc chế tạo bột cho công nghệ nanô hiện đại.

Người ta lấy các hòn bi cứng, to và nặng cho vào bên trong một cái trống hình trụ cũng làm bằng vật liệu cứng. Cho vật liệu vào trống và cho trống quay. Với tốc độ quay thích hợp thì có thể có các tác dụng:

- Bi quay theo trống đến một độ cao, rơi xuống đập nhỏ vật liệu

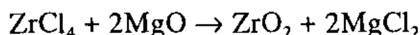
- Bi lăn trên mặt trống, có tác dụng nghiền và trộn.

Có khi bên trong trống người ta cho khí trơ và nóng để cho vật liệu khô dòn dễ nghiền, có khi cho khí có tác dụng oxy hoá để làm các bột oxyt nanô. Quá trình nghiền bi có thể kéo dài đến hàng chục, hàng trăm giờ.

Chú ý là với phương pháp nghiền bi các hạt nhỏ có được bị biến dạng mạnh, có nhiều sai hỏng. Có thể khử biến dạng bằng cách ủ nhiệt. Có một số vật liệu ban đầu là tinh thể sau khi nghiền lâu, trở thành bột vô định hình. Có khi quá trình biến dạng khi nghiền lại tạo ra mầm để khi nung nóng từ các mầm đó lại phát triển ra tinh thể mong muốn. Thí dụ một cách làm ống nanô cacbon là nghiền bi vật liệu graphit để tạo mầm sau đó đem ủ bột đã nghiền nhỏ, từ đó có được ống nanô cacbon.

Phương pháp nghiền bi rất thích hợp để làm bột nanô oxyt kim loại. Bột loại này dùng làm bột màu, làm tụ điện, làm mực in. Những ứng dụng này rất liên quan đến tính chất của hạt nanô là mặt ngoài chiếm tỉ lệ rất đáng kể so với thể tích bên trong của hạt.

Trong quá trình nghiền bi rất cần chú ý đến những phản ứng hoá học xảy ra. Có những phản ứng sẽ làm hư hại chất lượng của bột nanô, trái lại có những phản ứng tạo ra sản phẩm phụ có lợi. Thí dụ khi cần chế tạo bột nanô ZrO_2, người ta dùng hai loại nguyên liệu trộn vào nhau là clorua zircon ($ZrCl_4$) và oxyt magie (MgO). Khi nghiền hai loại nguyên liệu này, phản ứng xảy ra là:



$$ZrCl_4 + 2MgO \rightarrow ZrO_2 + 2MgCl_2$$

Bột nanô ZrO_2 là mục tiêu của việc chế tạo, còn $MgCl_2$ là không cần thiết. Tuy nhiên trong quá trình nghiền khi ZrO_2 bị nghiền nhỏ rất dễ bị vón cục lại. Chính $MgCl_2$ có tác dụng chống vón cục cho ZrO_2. Vì vậy cứ nghiền bi cho cả hai loại hạt càng ngày càng nhỏ, nhỏ đến mức nanô cần thiết, cuối cùng đem rửa sạch sẽ chỉ còn lại các hạt nanô ZrO_2 không bị vón cục.

5.2.5. SỬ DỤNG CÁC HẠT NANÔ CÓ TRONG TỰ NHIÊN

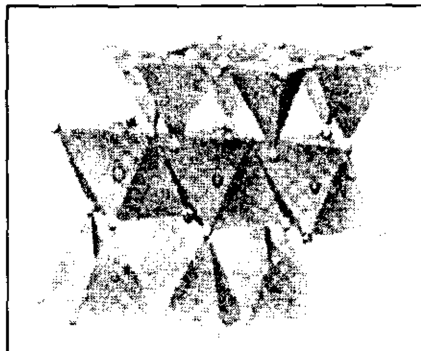
Trong tự nhiên có nhiều loại vật liệu nanô rất tinh vi, chưa chắc con người đã bắt chước chế tạo được.

Thí dụ diatom là tảo đơn bào phát triển dưới nước. Tảo lấy silic trong tự nhiên để làm thành bộ "xương" bằng SiO_2 đối xứng rất đẹp. Hàng chục triệu năm trước đây loài tảo này sinh sôi nảy nở ở ao hồ, sau khi chết xác của chúng kết lại thành khoáng sản gọi là diatomit. Đặc điểm của diatomit là có cực nhiều lỗ nhỏ đến cỡ nanômet do đó vật liệu này rất xốp, rất dễ thấm nước.

Nhiều ngành công nghiệp đã sử dụng vật liệu này (dầu khí, xi măng, chất

tẩy rửa ...) thực chất là dùng vật liệu có lỗ nanô của tự nhiên.

Zeolit cũng vậy. Khoáng sản thuộc họ zeolit cũng như zeolit tổng hợp có bộ khung thuộc nhóm silicat có nhiều lỗ nanô, có tác dụng như cái rây, cho phân tử đi qua, dùng làm xúc tác, hấp thụ v.v...



Hình 5.4: **Cấu trúc của sét monmorilonit. Tấm mỏng nhất gồm ba lớp nguyên tử**

Sét trong tự nhiên lại là vật liệu chứa nhiều hạt nanô. Trong đất sét tự nhiên có nhiều loại hạt tinh thể nhỏ dạng que, dạng tấm lẫn lộn với nhiều chất vô định hình khác. Công nghệ nanô rất chú ý đến tinh thể monmorilonit (montmorillonite). Đó là tinh thể dễ tách ra thành lớp mỏng, mỏng nhất là tấm gồm ba lớp nguyên tử như vẽ ở hình 5.4.

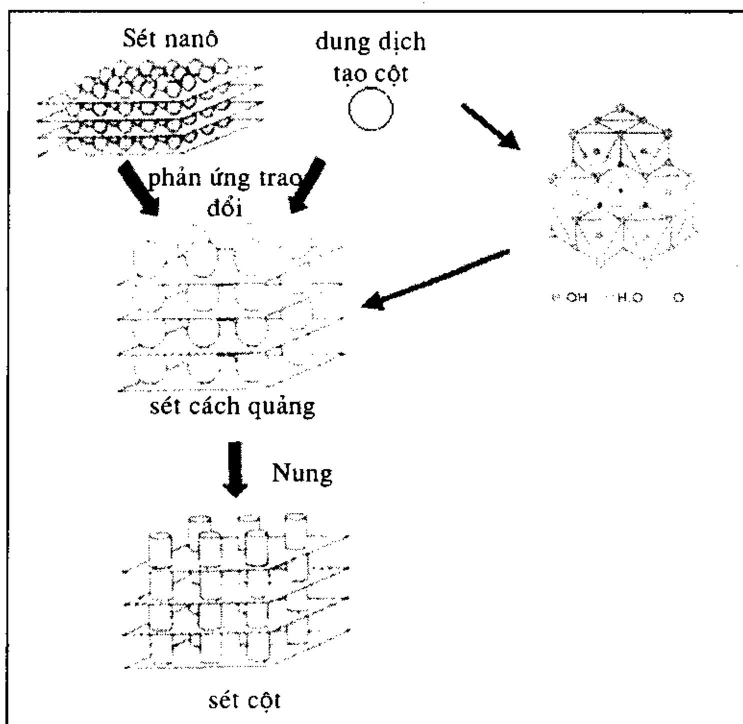
Bề dày của tấm mỏng nhất này cỡ một nanomet còn hai chiều dài và rộng có thể lớn đến hàng chục micromet. Công nghệ nanô đã tách chiết từ sét để lấy ra bột gồm các tấm monmorilonit như vậy để trộn với các chất khác, thí dụ polyme để làm composit gọi là composit nanô sét. Polyme có trộn thêm hạt nanô sét dạng tấm này khi kéo thành màng rất "kín" so với polyme không trộn vì khi kéo, cán, các tấm nanô sét này nằm song song với bề mặt ngăn cản rất tốt nhiều loại phân tử đi qua.

Các hạt nanô sét dạng tấm này trộn với polyme làm cho polyme không những kín mà còn bền hơn nhiều, do đó đáp ứng yêu cầu làm các ống mềm tinh vi để dẫn thuốc, dẫn máu dùng trong y tế.

Thí dụ trên cho thấy có thể lấy hạt nanô trong sét tự nhiên để làm chất độn, làm nanô composit.

Hạt sét phyllosilicat (phyllosilicate) cũng được lấy từ sét tự nhiên để chế ra vật liệu có nhiều lỗ xốp nanô. Từ sét tự nhiên có thể lọc để lấy riêng ra hạt sét phyllosilicat có cấu trúc dạng tấm mỏng nhưng khá khít nhau (hình 5.5).

Để chuyển thành vật liệu có nhiều lỗ xốp, người ta dùng các dung dịch tạo cột tác dụng để làm cho các tấm thưa ra rồi nung nóng (canxi hoá) cuối cùng có được vật liệu cực xốp gồm các mặt cách nhau bởi các cột dài.



Hình 5.5: **Nanô sét**

Tóm lại có thể tìm trong tự nhiên nhiều loại hạt nanô để từ đó làm ra vật liệu nanô thích hợp. Cách lấy hạt nanô từ tự nhiên là cách có nhiều hứa hẹn để có vật liệu với giá thành hạ, dễ phổ cập.

5.2.6. PHƯƠNG PHÁP NGUỘI NHANH

Kim loại, hợp kim thông thường được nấu chảy, tinh luyện rồi làm nguội cho rắn lại để đưa ra sử dụng. Khi nóng chảy, ở thể lỏng, kim loại, hợp kim có cấu trúc vô định hình. Khi nguội, bắt đầu xuất hiện các mầm kết tinh, tinh thể lớn dần từ các mầm kết tinh đó. Trong điều kiện nguội thông thường, các mầm kết tinh có điều kiện xuất hiện và phát triển có nghĩa là các nguyên tử của chất lỏng có điều kiện chuyển động tự sắp xếp vào các vị trí trật tự của tinh thể. Vì vậy kim loại và hợp kim thường gặp luôn có cấu trúc đa tinh thể.

Nếu làm nguội thật nhanh, sao cho các nguyên tử của kim loại hợp kim

đang ở thể lỏng chưa kịp về các vị trí cân bằng của cấu trúc tinh thể thì kim loại hợp kim đã rắn lại, cấu trúc có được là vô định hình, gần giống như cấu trúc ở thể lỏng.

Thực nghiệm cho thấy phải làm nguội cực nhanh, với tốc độ giảm cỡ một triệu độ trong một giây thì mới có được trạng thái vô định hình.

Ở phương pháp nguội nhanh, người ta nấu chảy kim loại hay hợp kim rồi phun kim loại hợp kim nóng chảy này vào nơi có nhiệt độ thấp và dễ tản nhiệt.

Thường dùng lò cao tần để làm nóng chảy kim loại hợp kim đặt trong một ống thủy tinh thạch anh rồi cho khí trơ vào ống tạo áp suất phun lên bề mặt một hình trụ bằng đồng quay rất nhanh. Chọn chế độ thích hợp, khi trống đồng quay dòng kim loại hợp kim lỏng phun lên trên mặt trống bị kéo theo và nguội đi cực nhanh và rắn lại thành một băng mỏng, bề dày chừng vài chục micromet (băng rộng hay hẹp tuỳ thuộc kích thước ngang của vòi phun).

Tuỳ theo chế độ, băng tạo ra có thể có cấu trúc hoàn toàn là vô định hình (nguội cực nhanh) hoặc có các hạt tinh thể nhỏ cỡ nanômet (nguội nhanh).

Từ băng vô định hình có thể ủ nhiệt để có được băng với các hạt tinh thể cực nhỏ tức là băng nanô tinh thể.

Từ cách nguội nhanh này có thể làm ra bột tinh thể nanô bằng cách nghiền nhỏ các băng nanô tinh thể hoặc dán liền nhiều băng nanô tinh thể lại thành khối nanô tinh thể.

5.3. ỨNG DỤNG CỦA VẬT LIỆU NANÔ

Vật liệu nanô bao gồm bột nanô và nanô tinh thể có rất nhiều ứng dụng do chúng có nhiều tính chất cơ, lý, hoá rất đặc biệt. Các ứng dụng này được nói đến nhiều khi xét đến nanô composit, vật liệu từ nanô, bán dẫn nanô v.v...

Ở đây chỉ nêu lên vài ứng dụng tiêu biểu.

- Vật liệu ngăn cách

Vật liệu nanô tổng hợp bởi phương pháp sol - gel có thể ở dạng gel khí tức là gồm có các hạt nhỏ kết lại với nhau giữa các hạt có rất nhiều lỗ nhỏ nanô chứa đầy không khí. Dùng gel khí này để làm vật liệu cách nhiệt rất tốt,

ví dụ tường nhà có lớp gel khí này sẽ rất ít tốn nhiệt để sưởi ấm vì nhiệt rất ít bị tản ra ngoài. Bên cạnh việc cách nhiệt, việc cách âm cũng tốt.

Các cửa sổ kính rất cần để ánh sáng lọt vào (mục đích của cửa sổ !) nhưng các thành phần khác của phổ mặt trời lọt vào thì có hại. Loại cửa sổ thông minh, tấm kính trong tức là ánh sáng nhìn thấy lọt qua dễ dàng nhưng tử ngoại và hồng ngoại không lọt qua được. Đó là nhờ phủ lên kính một lớp hạt nanô tinh thể thí dụ hạt oxyt ăngtimoan thiếc (ATO) hay oxyt inđi thiếc (ITO) đường kính 50nm, ánh sáng lọt qua dễ dàng nhưng tia tử ngoại bị tán xạ mạnh và hạt ngăn chặn hồng ngoại. Người ta gọi đây là cửa sổ thông minh vì cho ánh sáng lọt qua nhưng không cho tử ngoại hồng ngoại lọt qua nhờ đó trong nhà, trong ôtô không bị nóng, không có tia có hại mà vẫn sáng sủa như thường.

Còn có loại cửa sổ thông minh khác cũng ứng dụng công nghệ nanô nhưng đặc biệt hơn: lúc nắng quá thì cửa sổ hơi tối lại, lúc ánh sáng yếu cửa sổ lại "trong" hơn ra. Vấn đề này sẽ nói ở phần công nghệ nanô trong quang học.

Ứng dụng trong chế tạo máy:

Công nghệ nanô có thể tạo ra những vật liệu rất cứng dùng để cắt gọt trong chế tạo máy. Mũi khoan, dao cắt có phủ lớp vật liệu nanô làm từ carbid vonfram, carbid tantal, carbid titan thì cứng hơn nhiều, ít bị mài mòn, ít bị ăn mòn so với carbid của các kim loại trên nhưng ở dạng thông thường tức là carbid có cấu trúc hạt to.

Lò xo cao cấp, ổ bi đặc biệt, chốt đầu van v.v... ở công nghệ chế tạo ôtô phải dùng đến vật liệu cứng và đàn hồi cao làm từ tinh thể nanô nitrid silic (Si_3N_4) và carbid silic (SiC). Các loại là vật liệu này hay được dùng trong lò nhiệt độ cao.

Mặt khác từ công nghệ nanô cũng có thể làm được vật liệu mềm dẻo hơn thông thường. Gốm thông thường là rất cứng và giòn khi đã nung thành gốm thì không gia công được. Nhờ oxyt zirconi ZrO_2 có kích thước hạt nanô có thể làm ra gốm siêu dẻo biến dạng được đến 300% so với kích thước ban đầu. Gốm tinh thể nanô có thể nén và liên kết thành nhiều hình dạng khác nhau ở nhiệt độ khá thấp, còn gồm thường rất khó, thực tế là không thể thực hiện

được bất kỳ việc nén và liên kết nào ngay cả ở nhiệt độ cao.

Ứng dụng để làm màn hình:

Màn hình tivi, máy tính thông thường hiện nay luôn có một lớp mỏng gồm các hạt phôtpho (có pha tạp), khi điện tử đập vào thì loé sáng lên. Màn hình được chia thành nhiều điểm ảnh (pixel), mỗi điểm ảnh chứa một số hạt phôtpho. Năng suất phân giải của màn hình phụ thuộc vào kích thước của điểm ảnh tức là phụ thuộc vào kích thước của các hạt phôtpho. Các hạt ZnS, ZnSe, CdS, PbTe chế tạo theo phương pháp sol - gel có thể có kích thước cỡ nanomet dùng làm màn hình có thể cho năng suất phân giải rất cao. Ống nanô cacbon cũng được dùng làm màn hình năng suất phân giải cực cao (xem chương VII).

Ứng dụng làm pin:

Vật liệu nanô tổng hợp bằng phương pháp sol - gel được dùng làm các tấm phân cách ở pin thế hệ mới vì có thể tạo ra được cấu trúc kiểu gel khí, lưu trữ được nhiều năng lượng hơn là các tấm phân cách thông thường. Các loại pin niken - hydrô kim loại Ni - MH (nickel metal hydride) được làm từ các hạt nanô niken và hydrô kim loại chứa được rất nhiều điện dùng lâu mới phải nạp lại điện.

Nam châm cực mạnh:

Nam châm càng mạnh khi càng tăng tỉ lệ diện tích bề mặt hạt từ trong một đơn vị thể tích của vật liệu từ. Vật liệu từ làm từ các hạt nanô tinh thể ytri samari coban có năng lượng từ cực lớn vì hạt tinh thể càng nhỏ thì diện tích bề mặt hạt ứng với một đơn vị thể tích càng lớn. Loại nam châm đất hiếm hạt nanô này được dùng trong các động cơ tàu biển, máy phát điện cho ôtô, các dụng cụ phân tích cực nhạy.

Ứng dụng trong động cơ ôtô máy bay:

Động cơ ôtô hao tổn năng lượng nhiều khi nhiệt năng do động cơ sinh ra bị mất mát nhiều nên biến ra công ít. Điều này đặc biệt cần chú ý đối với động cơ điêsel. Để ít hao tổn nhiệt người ta phủ một lớp gốm nanô tinh thể ở xylanh thường là gốm oxyt zirconi hoặc oxyt silic. Lớp gốm này giữ nhiệt rất

tốt, giúp cho nhiên liệu cháy hết và chuyển sang năng lượng cơ có hiệu quả.

Ở động cơ máy bay độ bền mỏi là rất quan trọng. Động cơ càng quay nhanh và nhiệt độ của các bộ phận trong động cơ càng cao thì cần phải có vật liệu có độ bền mỏi càng tốt. Vật liệu nanô có kích thước hạt nhỏ đến cỡ nanomet nên độ bền mỏi có thể tốt hơn 300% (ba lần).

Trong kỹ thuật hàng không vũ trụ, tên lửa... vật liệu nhẹ, chịu được nhiệt độ cao và bền là một trong những yếu tố quyết định. Tàu chở hàng, tàu con thoi đi và về, dùng được nhiều lần trong vận chuyển giữa Trái đất và trạm không gian là nhờ có lớp vật liệu đặc biệt phủ ở bề mặt con tàu, chịu được những hiệu ứng cơ nhiệt, do cọ xát với không khí với tốc độ rất cao. Xu hướng ngày nay là dùng vật liệu composit và ngày càng tìm ra được nhiều loại composit hạt nanô thích hợp.

Vật liệu nanô như nanô tinh thể vonfram - titan - bo - đồng là vật liệu nanô tinh thể rất có triển vọng để chịu được nhiệt độ cao.

Vật liệu thích nghi sinh học để cấy vào cơ thể:

Để cấy vào cơ thể, thí dụ vật liệu để ghép vào xương, tốt nhất là về sau các mô xung quanh có thể bám vào như ở trường hợp xương thật. Lâu nay vẫn phải dùng một số hợp kim đạt được yêu cầu cứng, bền nhưng nhiều trường hợp phải thay thế, chăm sóc y tế rất phức tạp và tốn kém.

Người ta ta tìm được vật liệu nanô là gốm nanô tinh thể oxyt zirconi, cứng, không mòn, không bị các chất trong cơ thể ăn mòn, đặc biệt là thích nghi với cơ thể sống. Gốm nanô gel khí từ vật liệu này lại rất nhẹ nhưng chịu được 100 lần trọng lượng của nó. Đó là vật liệu rất cần cho việc thay thế nhiều bộ phận trong cơ thể mà về sau ít cần phải chăm sóc y tế. Gốm nanô cũng có thể làm từ apatit đó là vật liệu phôtphat canxi, vật liệu của xương tự nhiên. Vì vậy dùng vật liệu nanô này có tính chất như là vật liệu nhân tạo bắt chước xương tự nhiên.

Oxyt titan nanô cũng dễ tạo ra những mối liên kết với xương tuy rằng liên kết không thật chặt. Tuy nhiên thân hydroxyapatit với gel oxyt titan sẽ cho vật liệu oxyt titan nanô rất thích hợp cho việc sử dụng thay thế ở nhiều bộ phận trong cơ thể.

Cũng vậy cacbid silic nanô tinh thể (SiC) là vật liệu có khả năng làm van

tim nhân tạo vì nhẹ, bền, rất cứng, khó bị mài mòn, không bị các chất dịch trong cơ thể ăn mòn.

5.4. MỘT SỐ ỨNG DỤNG KHÁC

- Ứng dụng trong chụp ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân:

Trong phương pháp dùng cộng hưởng từ hạt nhân để chụp cắt lớp, người ta dùng từ trường mạnh để làm cho momen từ của hạt nhân nguyên tử (thí dụ hydrô) có chuyển động quay Larmor rồi dùng sóng radio (sóng điện từ) kích thích, tác động lên momen từ của nguyên tử một lực biến thiên cùng tần số với chuyển động quay Larmor, do đó có cộng hưởng. Khi cộng hưởng, momen từ của hạt nhân nguyên tử quay cực mạnh. Lúc tắt sóng radio, hết cộng hưởng momen từ của hạt nhân quay bình thường trở lại. Momen từ của nguyên tử khi đang quay mạnh ở trạng thái cộng hưởng phải mất thời gian τ (gọi là thời gian hồi phục) để quay về vị trí thường (vị trí không cộng hưởng).

Thời gian τ này rất phụ thuộc vào môi trường ở chung quanh nguyên tử có mômen từ đang bị cộng hưởng. Thí dụ nếu môi trường đó là máu thời gian τ nhỏ nếu là mỡ τ lớn v.v... Dễ dàng đo được thời gian τ đó vì khi momen từ từ vị trí cộng hưởng quay về vị trí thường, từ thông qua cuộn dây dùng làm cảm biến thay đổi sinh ra sức điện động và đo được sức điện động này là đo được τ. Căn cứ theo τ đo được ở từng điểm (từng thể tích nhỏ cỡ 1/10 milimét khối) trong cơ thể, máy tính sẽ vẽ ra ảnh cộng hưởng từ hạt nhân. Từ ảnh ta biết được chỗ nào là máu, chỗ nào là mỡ v.v... (thực chất là suy ra từ các giá trị của τ).

Thông thường người ta theo dõi cộng hưởng từ hạt nhân của hạt nhân nguyên tử hydrô tức là proton. Ưu điểm của việc theo dõi proton này là chỗ nào trong cơ thể nhiều hay ít cũng có nước tức là có nguyên tử hydrô. Nhược điểm là những vùng như ở bụng, ở ruột thí dụ giữa phân và khí trong ruột tương phản ở ảnh cộng hưởng từ hạt nhân gần như nhau, khó phân biệt. Nếu đưa thêm những hạt từ kích thước nanô lại gần vùng có cộng hưởng từ, thí dụ hạt oxyt sắt Fe_3O_4 kích thước trong khoảng 5 - 100nm, tương phản ở ảnh được cải thiện rõ rệt. Thí dụ đưa các hạt nanô oxyt sắt vào gan các tế bào gan tốt bắt giữ lấy các hạt nanô oxyt sắt còn các tế bào bệnh không bắt giữ được. Nhờ đó ảnh cộng hưởng từ của chỗ gan lành và chỗ gan bệnh khác nhau rõ rệt

còn nếu không dùng hạt nanô oxyt sắt khó phân biệt được.

Dùng hạt nanô để thử có thai hay không:

Hạt vàng kích thước nanô có đặc điểm là có sự hấp thụ cộng hưởng plasmon khi chiếu ánh sáng vào nên có màu hồng thẫm. Người ta cho các hạt vàng nanô bám dính lên các hạt latex (nhựa) dính với kháng thể nhạy với chorionic gonadotrophin, đó là một loại hoocmôn luôn có ở nước tiểu của phụ nữ có thai. Khi cho các hạt micro và nanô này vào nước tiểu, nếu là nước tiểu của người có thai thì các hạt này tụ họp quanh hoocmôn, nhờ đó quan sát ta thấy có những chỗ tích tụ màu hồng (do hạt vàng nanô sinh ra). Như vậy qua màu sắc dung dịch thử, biết được có thai hay không.

Nanô selen - dược phẩm vitamin:

Ai cũng biết selen là chất rất độc hại cho cơ thể. Có trên 2000 mẫu mã selen được bán ra ở thị trường nhưng loại nào cũng được xếp vào chất độc. Tuy nhiên cơ thể lại cần có vi lượng selen, Nghiên cứu ở Đại học Khoa học Công nghệ Trung Quốc (USTC) cho thấy 72% người trên trái đất thiếu selen trong cơ thể do đất đai thực phẩm ... không cung cấp đủ dạng selen mà cơ thể có thể hấp thụ được. Thiếu selen sẽ sinh ra nhiều bệnh.

Nhưng selen mà cơ thể hấp thụ được rất khác với selen có ở thị trường. Phân tích kỹ thì thấy trong nhân sâm, trong một số cây thuốc quý có selen ở dạng cơ thể hấp thụ được.

Nhờ công nghệ nanô, các nhà khoa học Trung Quốc đã chế tạo được loại selen có tên là nanô selen, có thể dùng như một loại vitamin uống vào cơ thể sẽ tăng lượng selen cho cơ thể đang thiếu. Loại thuốc nanô selen hiện nay do hãng Stone Nanô Port (Trung Quốc) chế tạo mới bắt đầu cung cấp cho Thượng Hải. Hãng này đã đầu tư 217 triệu đô la để phát triển sản xuất nhằm đến năm 2005 sẽ tung ra sản phẩm nanô selen ra rộng rãi trên thị trường, bán như một loại vitamin.

Diệt khối ung thư bằng đạn nanô:

Lâu nay để chữa ung thư có cách là phẫu thuật, cắt bỏ khối ung thư có cách là uống thuốc, chiếu xạ ... để chữa trị, thực chất cũng là nhằm trừ khử các tế bào ung thư. Việc phẫu thuật có nhiều nguy hiểm, dễ bị cắt sót cũng

như cắt lạm sang chỗ lành. Việc uống thuốc, chiếu xạ cũng vậy, tiêu diệt được các tế bào ung thư nhưng ít nhiều cũng tiêu diệt cả tế bào lành.

Các nhà khoa học ở Đại học Rice (Houston, Mỹ) đã sáng chế ra loại "đạn nanô" chỉ bắn tiêu diệt tế bào ung thư, không động chạm đến tế bào lành. Mỗi viên đạn thực chất là một hạt nanô oxyt silic (SiO_2) có bọc lớp vàng mỏng và có dính chất để khi vào cơ thể chỉ nhằm đến dính vào các tế bào ung thư. Sau đó dùng tia hồng ngoại chiếu vào. Tia hồng ngoại là sóng điện từ, dễ xuyên sâu vào cơ thể và gặp vỏ vàng của hạt silic thì làm cho vỏ này nóng lên (tương tự như nung nóng kim loại bằng lò cao tần) phá hoại tế bào mà các hạt nanô bám vào tức là chỉ phá hoại các tế bào ung thư. Những thí nghiệm ban đầu cho thấy chiếu hồng ngoại trong vài phút các tế bào ung thư đã bị trừ khử bởi nhiệt sinh ra ở các viên đạn nanô.

Việc ứng dụng vật liệu nanô rất đa dạng, còn nhiều thí dụ sẽ trình bày ở các chương khác.

Chương 6

FULƠREN VÀ ỐNG NANÔ CACBON

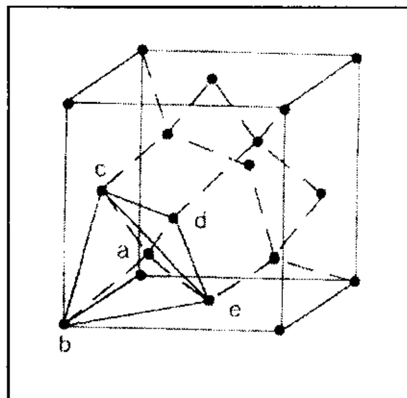
6.1. KỶ NGUYÊN MỚI CỦA CACBON

Trong bảng tuần hoàn cacbon là nguyên tố ở vị trí thứ 6 (có 6 điện tử, nguyên tử lượng 12). Đã từ lâu ai cũng biết là trong tự nhiên cacbon có ba dạng. Dạng phổ biến nhất thường gọi là than có màu đen như là ở cây, gỗ cháy còn lại. Về mặt cấu trúc, đó là dạng vô định hình. Một dạng khác của cacbon hay gặp trong kỹ thuật, đó là graphit, có khi gọi là than chì, có ở lõi bút chì, đặc biệt là ở chổi than của các máy điện. Graphit là một dạng tinh thể của cacbon, dẫn điện tốt nhưng dễ tách ra thành những lớp mỏng do đó có tính chất cứng mà bôi trơn được. Một dạng tinh thể khác của cacbon, nghe ra có vẻ rất cao sang: kim cương không đen và mềm như than hay graphit trái lại kim cương trong suốt, luôn được xếp vào loại đẹp nhất, cứng nhất và đắt nhất, nhưng thực ra kim cương cũng chỉ gồm các nguyên tử cacbon sắp xếp hết sức trật tự.

Than, graphit và kim cương đã được đưa ra giảng giải cho biết bao nhiêu thế hệ là cùng cấu tạo từ một loại nguyên tử (một nguyên tố) nhưng tính chất của vật liệu có thể rất khác nhau do cách sắp xếp, cách liên kết giữa các nguyên tử khác nhau. Và ai cũng đinh ninh rằng trong thực tế cacbon chỉ tồn tại ở ba dạng: than, graphit và kim cương.

Nhưng đến năm 1985 khi Robert Curl, Richard Smalley và Harry Kroto quan sát kỹ bột than rơi xuống khi phóng điện hồ quang giữa hai cực than (graphit) trong bột đó có một số hạt tròn trĩnh lóng lánh. Với kính hiển vi điện tử, máy nhiễu xạ tia X và khối phổ kế người ta biết rằng mỗi hạt có dạng

như quả bóng đá, đường kính 0,7nm, có các mặt là các đa giác chủ yếu là sáu cạnh và năm cạnh. Mỗi quả bóng như vậy có 60 nguyên tử cacbon nằm ở đỉnh các đa giác, do đó ký hiệu là C_{60}. Cách sắp xếp các nguyên tử tạo ra quả bóng này tương tự như tòa nhà khung nhôm ghép kính do kiến trúc sư người Mỹ Richard Buckminster Fuller thiết kế. Vì vậy người ta đặt tên của phân tử cacbon gồm 60 nguyên tử xếp như quả bóng đá này là fulơren (fullerene) có khi còn gọi là quả bóng bucky (bucky ball). Fulơren đã làm kinh ngạc giới khoa học, đặc biệt là các nhà hoá học và các nhà vật lý vì cấu trúc kỳ lạ và những tính chất hoá lý rất đặc biệt.



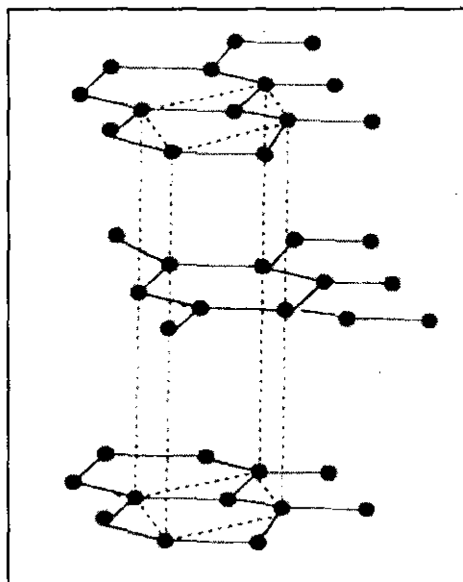
Hình 6.1: **Cấu trúc của kim cương**
Mỗi nguyên tử (a) chia ra 4 mối liên kết với 4 nguyên tử ở gần (b, c, d, e) theo kiểu tứ diện (b c d e)

Nhưng đến năm 1991, S. Iijima khi tạo ra phóng điện hồ quang giữa hai cực than lại phát hiện có những tinh thể cực nhỏ dài như cái ống bám ở catốt. Quan sát và phân tích kỹ hơn thì đó là các ống rỗng đường kính chỉ vào cỡ 1,5 đến 2 nanomet, dài có thể đến cỡ micromet. Vỏ của ống gồm có các nguyên tử cacbon xếp theo đỉnh các hình sáu cạnh rất đều đặn, hai đầu ống giống như là có hai nửa quả cầu fulơren đậy kín lại. Người ta gọi đó là ống nanô cacbon. Fulơren đã là kỳ lạ nhưng ống nanô cacbon có cấu trúc và những đặc điểm hoá lý còn kỳ lạ hơn, có nhiều kiểu đa dạng, phong phú hơn fulơren.

Công nghệ nanô đã lợi dụng những tính chất vô cùng đặc biệt của ống nanô cacbon và fulơren để làm ra nhiều loại linh kiện, nhiều loại vật liệu mà trước đây chưa ai nghĩ rằng sẽ có ngày làm ra được. Ảnh hưởng của ống nanô cacbon đến sự phát triển của công nghệ nanô rất là to lớn. Tạp chí Science et Avenir (Khoa học và Tương lai) của Pháp năm 2002, trong khi nêu lên cái gọi là "Bảy kỳ quan của thế giới nanô", đã mạnh dạn xếp ống nanô cacbon là kỳ quan số một và viết: "Nếu trong thế giới nanô có một ông vua thì vương trượng của ông vua đó là ống nanô cacbon".

6.2. CẤU TRÚC CỦA ỐNG NANÔ CACBON

Ta đã thấy cacbon nằm ở số thứ tự 6 (hàng 2, cột 14) trong bản tuần hoàn Mendeleev, có hai dạng tinh thể quen thuộc là graphit và kim cương. Kim cương đặc biệt cứng vì ở cấu trúc kim cương, mỗi nguyên tử cacbon chìa ra 4 mối liên kết cộng hóa trị để nối với 4 nguyên tử cacbon ở gần đó. Liên kết cộng hoá trị vào loại liên kết mạnh nhất, trong kim cương các nguyên tử chỉ liên kết với nhau bằng liên kết cộng hoá trị nên kim cương rất cứng, rất bền.



Hình 6.2: **Cấu trúc của graphit**
Có nhiều lớp, ở mỗi lớp các nguyên tử xếp theo hình 6 cạnh - gọi một lớp là một mặt graphen

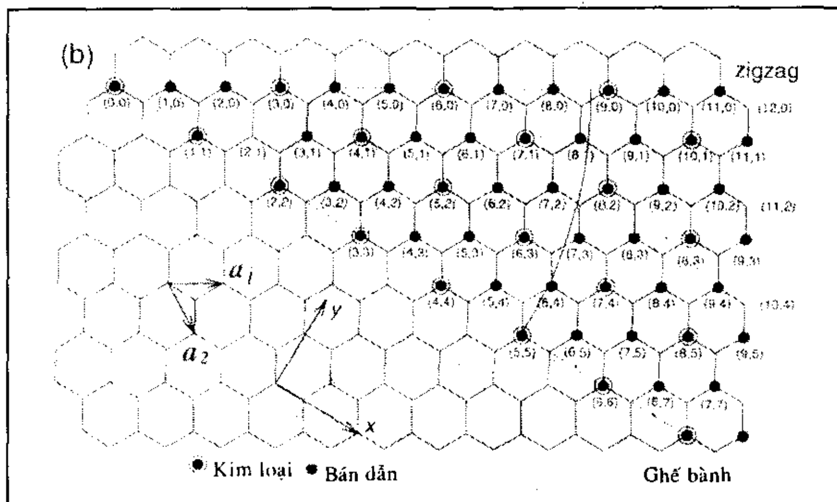
Ở graphit các nguyên tử lại sắp xếp thành từng lớp, trong mỗi lớp một nguyên tử chìa ra ba mối liên kết cộng hoá trị để nối với ba nguyên tử gần nhất ở chung quanh (hình 6.2).

Góc giữa các mối liên kết này là 120^0, do đó các nguyên tử trong một lớp tạo thành một mạng lưới hình sáu cạnh khá bền vững. Người ta gọi đây là mặt graphen. Các mặt graphen này cách nhau một khoảng xa so với khoảng cách giữa các nguyên tử trong một mặt.

Liên kết giữa các lớp yếu hơn là liên kết giữa các nguyên tử trong cùng một lớp. (không phải là liên kết cộng hoá trị). Vì vậy các lá graphen không dễ "rách" nhưng dễ trượt đối với nhau. Đó là nguyên nhân của tính bôi trơn ở graphit.

Ta quan tâm đến lá graphen vì có thể hình dung ống nanô cacbon từ lá graphen cắt ra, cuộn tròn, dán lại thành cái ống. Có thể có nhiều cách cắt dán.

Trước hết ta xét loại ống nanô cacbon một vách tức là xem như chỉ từ một lá graphen cắt ra cuộn lại. Để mô tả cách cắt và cuộn, ta lấy một nguyên tử làm gốc, ký hiệu (0,0) (hình 6.3).



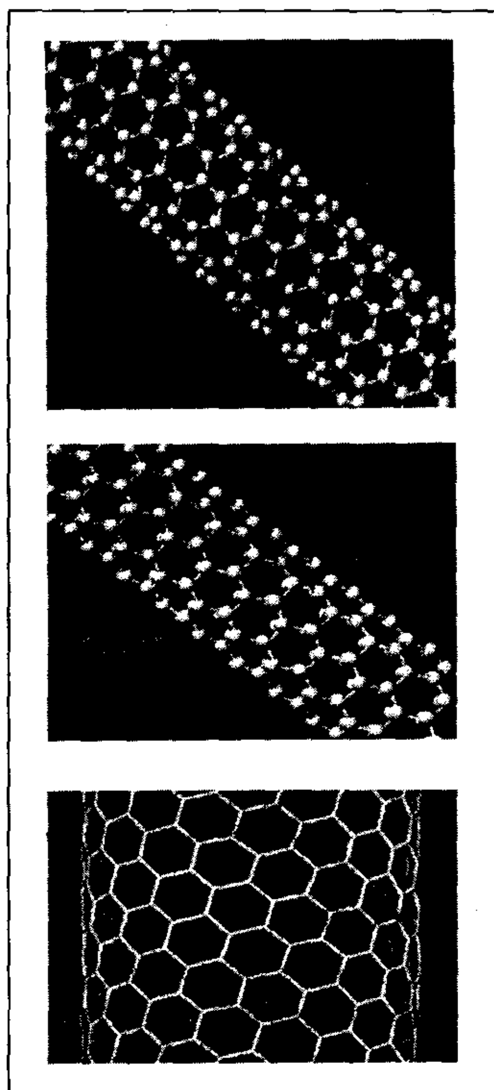
Hình 6.3: **Ống nanô cacbon có cấu trúc như là cắt lá graphen cuộn lại. Cuộn theo (n,0) có ống kiểu ziczăc. Cuộn theo (n,n) có ống kiểu ghế bành. Tổng quát cuộn theo (m,n) có ống chiral với góc chiral lấy đường ziczăc làm gốc.**

Vạch hai đường thẳng qua các nguyên tử và lấy $\vec{a}_1$, $\vec{a}_2$ là các vectơ chu kỳ dọc theo hai trục đó. Gọi đường từ gốc (0,0) qua các nút (1, 0), (2, 0), (3, 0) ... là đường ziczăc. Nếu quận tròn ống theo đường ziczăc với độ dài chu vi ống bằng chiều dài từ gốc đến mút (n, 0) ta gọi đó là ống nanô cacbon (n, 0).

Tương tự, nếu cắt và cuộn theo đường đi qua các nút (1, 1), (2, 2), (3, 3) ... sao cho chu vi ống là bằng chiều dài tới nút (n, n) ta gọi đó là ống nanô cacbon (n, n).

Nói chung nếu cuộn ống nanô cacbon sao cho chu vi ống có độ dài bằng độ dài vectơ $n\vec{a}_1 + m\vec{a}_2$, thì đó là ống nanô cacbon (m, n).

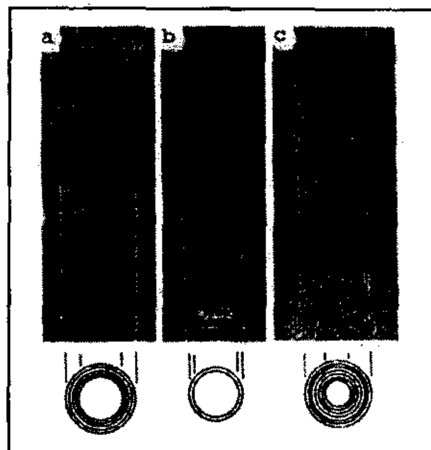
Nói cắt lá graphen ra và cuộn lại theo nhiều cách như trên là để dễ hiểu cách mô tả cấu trúc, thực sự là trong những điều kiện nhất định, các nguyên tử cacbon tự kết nối lại để hình thành ra nhiều loại ống. Các loại ống rất giống nhau ở chỗ nhẹ, bền, cứng vì đều hình thành từ các nguyên tử cacbon liên kết cộng hoá trị. Tuy nhiên các tính chất vật lý, đặc biệt là tính chất điện rất phụ thuộc vào cấu trúc của ống. Trên hình 6.3 ta thấy có cách cuộn ống nanô là dẫn điện (ký hiệu ⊙), có cách cuộn ống nanô là bán dẫn (ký hiệu •). Thường ống nanô cacbon một vách có đường kính trong khoảng từ 1 đến 2 nanomet. Còn ống nhiều vách như là do nhiều ống đơn lồng vào nhau, đường kính ống to nhất bên ngoài cỡ 2 đến 25nm, ống rỗng ở giữa đường kích cỡ 1 đến 8nm, khoảng cách giữa các vách ở ống nhiều vách cỡ 0,34nm (gần bằng khoảng cách giữa các mặt của graphit tự nhiên). Chiều dài của mỗi ống có thể từ vài trăm nanomet đến micromet. Ngày nay đã làm được những ống nanocacbon dài đến centimet.



Hình 6.4: **Các loại ống nanô cacbon**
a. Ziczăc (10,0); b. Ghế bành (5,5); c. Chiral (14,5)

Như vậy ống nanô cacbon có nhiều loại: một vách nhiều vách, to nhỏ, dài ngắn... khác nhau. Ngoài ra ống nanô cacbon có thể còn bị rẽ nhánh, đoạn đầu là một ống, sau lại sẽ ra thành hai ống chẳng hạn.

Còn một vấn đề nữa cần xét đến, đó là hai đầu ống nanô cacbon như thế nào, kín hay hở. Nói chung khi mọc lên ống nanô là kín hai đầu. Khi bẻ gãy, cắt vụn một đầu hay cả hai đầu đều có thể hở. Ta sẽ thấy rõ cấu trúc ở đầu ống sau khi xét đến fulơren.

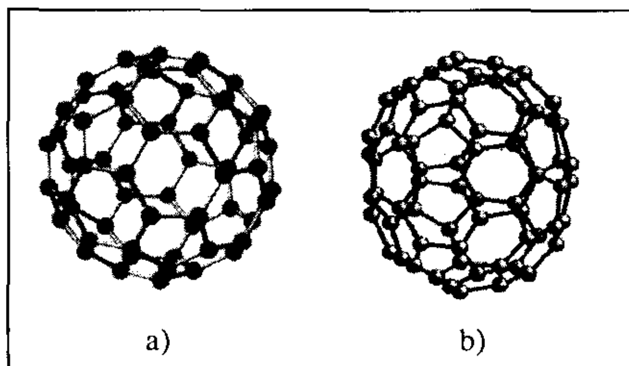


Hình 6.5: **Ống nanô cacbon nhiều vách (ảnh chụp ở hiển vi điện tử)**

a. Ống năm vách, đường kính ngoài 6,7nm
b. Ống hai vách, đường kính ngoài 5,5nm
c. Ống bảy vách, đường kính ngoài 6,5nm, đường kính trong 2,3nm

6.3. FULƠREN

Như đã nói ở phần trên fulơren C_{60} được tìm thấy lần đầu tiên vào năm 1985. Sáu mươi nguyên tử cacbon, tạo thành quả bóng đường kính 0,7nm, bề mặt quả bóng là các hình sáu cạnh và năm cạnh ghép lại. Về sau người ta tìm thấy thêm nhiều dạng khác nhau của fulơren: C_{70} (có 70 nguyên tử C), C_{80} (có 80 nguyên tử C), C_{120} (có 120 nguyên tử C)... Hình dạng các fulơren này không giống như quả bóng đá nữa mà to, dài hơn, giống như quả bóng bầu dục, có khi là bầu dục bị méo ...

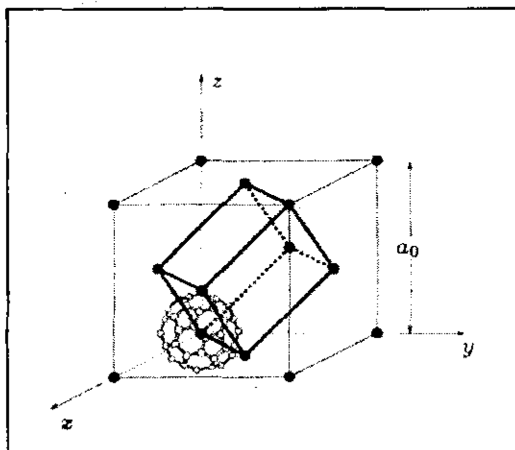


Hình 6.6:

a. Fulơren C_{60}; b. Fulơren C_{70}

Có thể hình dung fulơren như là cắt từ một lá graphen uốn nắn lại cho thành hình cầu. Bản thân lá graphen phẳng, các nguyên tử cacbon ở graphen xếp theo các hình sáu cạnh, mỗi nguyên tử cacbon có ba mối liên kết chìa ra tạo thành ba góc đồng phẳng mỗi góc là 120^0. Nhưng khi uốn nắn lại thành quả cầu, các mối liên kết từ một nguyên tử chìa ra không còn trong mặt phẳng nữa mà hơi bị khum. Không phải tất cả các nguyên tử trên bề mặt của fulơren đều tạo thành các hình sáu cạnh mà bắt buộc có một số mặt trở thành hình năm cạnh, có khi là bảy cạnh.

Fulơren chỉ gồm có các nguyên tử cacbon nối với nhau bằng liên kết cộng hoá trị nên có thể xem đó là một cái lồng rất chắc và nhẹ. Mỗi một cái lồng là một đại phân tử cacbon. Điều đáng chú ý là bên trong cái lồng có một khoảng không khá lớn và các cái lồng này lại có thể xếp khít nhau tạo ra cấu trúc không gian . Thí dụ C_{60} là cái lồng hình cầu, các phân tử này có thể tác dụng hút nhau bằng lực van der Walls tạo nên cấu trúc lập

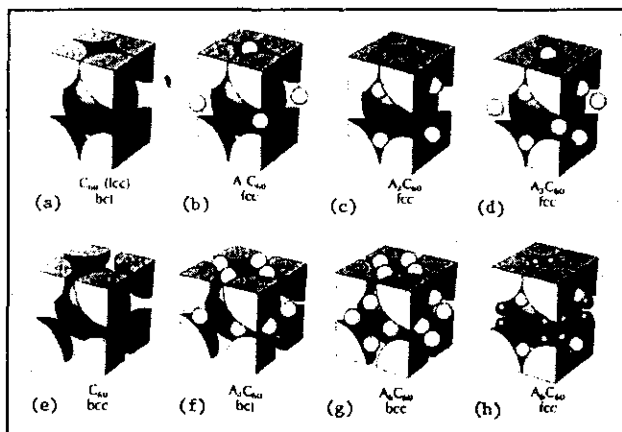


Hình 6.7 : **Các quả cầu fulơren C_{60} xếp khít tạo thành cấu trúc tinh thể lập phương tâm mặt (fcc)**

phương tâm mặt theo kiểu xếp khít các quả cầu.

Điều lý thú là có thể cho thêm những nguyên tử thích hợp lọt vào bên trong các quả cầu C_{60} cũng như lọt vào các chỗ trống tám mặt hoặc bốn mặt ở cấu trúc lập phương tâm mặt do các quả cầu C_{60} xếp khít tạo nên. Cũng vậy, có thể có các nguyên tử liên kết, bám vào bên ngoài fulơren. Thí dụ có thể có những muối bám vào fulơren tạo nên $M_x^+C_{60}^{n-}$ trong đó M^+ là cation và x là số để cân bằng điện tích ở fulơren.

Những điều nói trên về cấu trúc của fulơren tinh khiết (chỉ có các nguyên tử cacbon) và các fulơren có pha trộn cũng như có nhiều cách từ fulơren tạo ra vật liệu màng hoặc khối làm cho fulơren có nhiều tính chất hoá lý rất khác nhau.



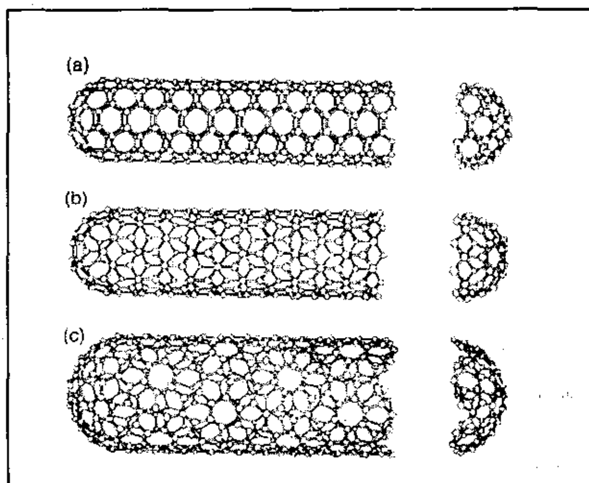
Hình 6.8 : **Các quả cầu fulơren C_{60} xếp khít tạo thành cấu trúc lập phương tâm mặt fcc. Các nguyên tử kiềm, thí dụ natri nằm vào các chỗ trống (bốn mặt và tám mặt) theo nhiều cách, tạo thành nhiều hợp chất khác nhau.**

Thí dụ vật khối hay màng mỏng chỉ gồm C_{60} tinh khiết là bán dẫn có điện trở suất ở nhiệt độ phòng là 108Ωcm. Thêm các kim loại kiềm vào, tức là M ở $M_x^+C_{60}^{n-}$ là kim loại kiềm, ban đầu x tăng thì điện trở suất giảm, khi x = 3 thì điện trở suất cực tiểu. Tiếp tục tăng x, điện trở suất tăng lên khi x = 6 đó là chất cách điện. Chú ý là khi x = 3 nếu M là rubidium (Rb), ta có siêu dẫn với nhiệt độ chuyển pha là - 243°C.

Như vậy fulơren tinh khiết có thể xem như là một quả bóng nanô rất cứng nhưng khi pha tạp thì tính chất vật lý thay đổi nhiều có thể là bán dẫn,

là dẫn điện, là điện môi, thậm chí là siêu dẫn.

Trở lại ống nanô cacbon, hai đầu ống không hở mà như là có hai nửa fulơren úp lại ở hai đầu (hình 6. 9).



Hình 6.9 : **Ống nanô cacbon ở hai đầu như có hai nửa quả cầu fulơren úp lại.**

a. Ống ghế bành

b. Ống ziczăc

c. Ống chiral

Đối với ống nanô cacbon thẳng các nguyên tử C ở thân ống có thể chỉ nằm theo các hình sáu cạnh nhưng ở hai đầu, do khum tròn lại nên bên cạnh các hình sáu cạnh còn có các hình năm cạnh. Còn đối với các ống nanô cacbon rẽ nhánh, ở chỗ rẽ có cả các hình năm cạnh và hình bảy cạnh.

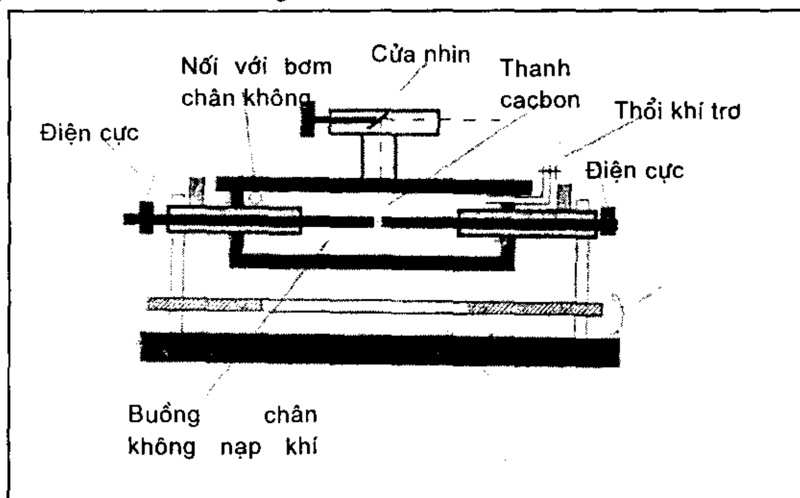
6.4. CÁC PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO ỐNG NANÔ CACBON VÀ FULƠREN

* Phương pháp phóng điện hồ quang:

Có nhiều cách để tạo ra ống nanô cacbon và fulơren. Lần đầu tiên phát hiện fulơren là do quan sát kỹ bụi than khi bốc bay graphit bằng chùm tia laze. Tuy nhiên với cách bốc bay này khó có thể có được một lượng đáng kể fulơren. Ống nanô cacbon chắc là có khá nhiều ở các điện cực than khi phóng điện hồ quang nhưng chưa dùng hiển vi điện tử phân giải cao để quan sát nên có thể bị lẫn lộn với các dạng tinh thể khác.

Phương pháp chế tạo ống nanô cacbon và fulơren với số lượng đáng kể là phương pháp phóng điện hồ quang với hai điện cực than đặt trong môi trường

argon hay hêli (hình 6.10). Khi phóng điện, khí giữa hai cực than bị ion hoá trở thành dẫn điện. Đó là plasma, vì vậy phương pháp này còn gọi là hồ quang plasma. Hồ quang plasma làm cho than ở điện cực anôt bị bốc bay và bám vào điện cực đối diện tức là bám vào catôt. Fulơren xuất hiện nhiều trong muội than rơi xuống còn ống nanô cacbon thường hình thành và bám vào catôt. Tốt nhất là dùng graphit sạch để làm các điện cực. Nhưng trong công nghệ để cho rẻ, có thể dùng than.



Hình 6.10: **Phóng điện hồ quang để tạo ra ống nanô cacbon và fulơren**

Sản phẩm hồ quang với điện cực làm từ than khác với làm từ graphit. Dùng graphit hay than tỉ lệ hình thành fulơren C_{60} và C_{70} là như nhau nhưng trong trường hợp than các chất như hydro cacbon nhiều vòng hình thành nhiều hơn vì trong than có nhiều hydro hơn là trong graphit. Còn hình thành ra ống nanô loại gì lại còn phụ thuộc vào những nguyên tố vi lượng có trong than. Những nguyên tố này có vai trò xúc tác. Thông thường các ống nanô hình thành là ống nhiều vách. Nhưng nếu ở các điện cực có bo, coban và một số kim loại khác, dễ hình thành ống nanô một vách.

Giống như ở muội than rơi xuống có nhiều loại fulơren, ở catôt có nhiều dạng của cacbon bám vào đấy trong đó dạng ống nanô cacbon cũng có nhiều loại. Thông thường thấy có một lớp gọi là lớp nền chứa nhiều ống nanô cacbon lẫn với các hạt nanô. Cùng với lớp nền này có các "lông", ở các lông này có nhiều cacbon vô định hình.

Tuỳ theo điều kiện của hồ quang, có khi ở lớp nền, ống và hạt nanô cacbon thì ít mà lông vô định hình thì nhiều, có khi ngược lại.

* Phương pháp phóng điện hồ quang có coban:

Cũng là dùng phóng điện hồ quang hay là hồ quang plasma nhưng có thêm vào khoảng 3% coban thì kết quả hình thành ống nanô cacbon rất khác so với khi không có coban. Như đã thấy ở trên, khi không có coban, các ống nanô cacbon hình thành ở catôt như là các thanh thẳng. Nhưng khi có thêm côban, sản phẩm hình thành như mạng nhện với các sợi tơ to đến milimet nối từ catôt đến thành bình. Những sợi đó gồm nhiều ống nanô cacbon một vách kết lại, trong sợi có lẫn một ít hạt coban rất nhỏ, một số hạt cacbon vô định hình to như cái túi v.v...

Trong quá trình hình thành ống nanô cacbon ở catôt, có vai trò xúc tác của một số kim loại nhưng vai trò đặc biệt của coban thì vẫn chưa rõ. Người ta nghi ngờ coban là vật liệu từ, có thể nó tạo ra một trường nào đó kích thích sự tạo thành các vòng cacbon.

Tóm lại phương pháp phóng điện hồ quang, với hai điện cực là graphit hoặc than, tinh khiết hoặc có thêm các chất xúc tác, các nguyên tử cacbon từ anôt chạy đến catôt tạo ra các ống nanô cacbon và muội fulơren cùng nhiều sản phẩm phụ khác. Trong quá trình phóng điện nhiệt độ ở giữa hồ quang là 1.700^{0}C ra ngoài thì thấp dần. Các chất thêm vào, ở khu vực ngọn lửa hồ quang đều bị bay hơi phân hủy. Tuy nhiên ống nanô cacbon hoặc fulơren thuần tuý chỉ gồm các nguyên tử cacbon, các chất thêm vào chỉ đóng vai trò xúc tác cho các nguyên tử cacbon liên kết lại với nhau.

Phương pháp phóng điện hồ quang chế tạo ống nanô cacbon và fulơren là phương pháp kinh tế, dễ phổ biến, Nhưng fulơren cũng như ống nanô cacbon chế tạo ra là không đồng nhất, to nhỏ, dài ngắn, một vách, nhiều vách không đồng đều. Do đó cần riêng một loại nào đó thì phải chọn lọc, phân tách khó khăn và tốn kém. Có khi việc tinh lọc chiếm trên 80% giá thành.

Các phương pháp dùng laze:

Năm 1996, kỹ thuật bốc bay bằng laze hai xung cho được ống nanô cacbon với số lượng hàng gam và hiệu suất trên 70%. Người ta cho tia laze chiếu vào một thanh graphit có pha các hạt Co và Ni với tỉ lệ 50 : 50 kích

thước hạt cỡ một micromet. Thanh graphit được đặt trong môi trường khí trơ argon, tia laze chiếu vào làm graphit nóng đến 1200°C và graphit bị bốc bay. Tiếp đó là gia công nhiệt ở 1000°C để lấy đi C_{60} và các fulơren khác. Dùng hai xung laze kế tiếp gần nhau thì thu được nhiều ống nanô cacbon và chất lượng ống cũng tốt hơn vì xung laze thứ nhất làm cho graphit bốc bay, trong hơi bốc bay đó có thể có một số hạt graphit, xung laze tiếp theo phá vỡ các hạt đó tạo ra các nguyên tử cacbon bay lên để nuôi cho các ống nanô cacbon phát triển.

Với kỹ thuật bốc bay bằng laze này các nguyên tử từ thanh graphit bay lên bám vào đế tạo ra một lớp như tấm thảm có nhiều thanh nhô lên, mỗi thanh đường kính cỡ 10 - 20 nm và chiều dài có thể đến 100 μm. Mỗi thanh là một bó ống nanô cacbon một vách nằm dọc theo trục chung của thanh. Thay đổi nhiệt độ, thay đổi chất xúc tác và các thông số khác lúc bốc bay có thể điều khiển làm thay đổi đường kính cũng như độ dài ngắn, cách phân bố của các ống nanô cacbon.

Phương pháp CVD (Chemical Vapor Deposition - Phủ bằng hơi hoá học):

Phương pháp CVD được dùng từ vài chục năm gần đây để tạo ra sợi cacbon, râu cacbon tuy nhiên chỉ khoảng 5 năm gần đây mới dùng để chế tạo ống nanô cacbon. Người ta cho acetylen phân hủy có xúc tác trên các hạt sắt ở 700°C. Với phương pháp này có bốn dạng cacbon được hình thành: lớp cacbon vô định hình trên bề mặt chất xúc tác, sợi cacbon vô định hình, các lớp graphit phủ lên các hạt kim loại và ống nanô cacbon nhiều vách. Các ống nanô cacbon này thường có lớp vô định hình ở bên ngoài. Ngay sau khi hình thành theo phương pháp CVD, các ống nanô cacbon đã có nhưng không rõ nét. Xử lý gia công nhiệt ở 2500°C đến 3000°C trong khí argon, cấu trúc ống nanô cacbon rõ rệt hẳn ra.

Có thể có được một lượng lớn ống nanô cacbon bằng cách cho acetylen ngưng đọng trên zêolit có xúc tác là Co và Fe. Vì zêolit là chất có nhiều lỗ trống cực nhỏ, các phân tử dễ dàng lọt vào các lỗ trống đó nên khi cho acetylen ngưng đọng trên Co/ Zêolit, ta có được ống nanô cacbon nhiều vách nhưng đồng thời cũng có fulơren và ống nanô cacbon một vách.

Người ta còn dùng các chất như ethylen, mêtan, hỗn hợp H_2/CH_4, CO … để làm hơi hoá chất cho quá trình ngưng đọng để tạo thành ống nanô cacbon.

Có thể tìm được những chế độ để có được ống nanô cacbon tương đối đều đặn, cùng loại.

So với phương pháp phóng điện hồ quang và phương pháp bốc bay bằng laze, phương pháp CVD để chế tạo ống nanô cacbon có một số ưu điểm. Hai phương pháp trên tạo được ống nanô cacbon nhưng thường lẫn lộn với các sản phẩm khác, đồng thời ống nanô cacbon hình thành ở đâu thì không điều khiển được tỉ mỉ. Với phương pháp CVD có thể dùng các kỹ thuật như in hình (nanô) bằng mực là chất xúc tác bề mặt rồi cho hơi hoá học lắng đọng trên đó. Các ống nanô cacbon chỉ mọc lên ở những nơi có in mực xúc tác. Với cách này người ta có thể sắp xếp để có ống nanô cacbon ở những vị trí mong muốn, từ đó làm ra linh kiện.

Phương pháp nghiền bi:

Người ta dùng một bình thép không rỉ trong có các hòn bi cũng bằng thép không rỉ thật cứng và đổ vào bình thép bột graphit tinh khiết (99,8%). Bình thép không rỉ được thổi khí argon với áp suất 300kPa. Quay bình để bi thép không rỉ nghiền bột graphit khoảng 150 giờ. Sau khi nghiền, bột graphit được tiếp tục ủ nhiệt ở 1400°C trong 6 giờ. Kết quả là trong bột có rất nhiều ống nanô cacbon nhiều vách. Người ta cho rằng quá trình nghiền tạo ra trong các hạt graphit nhiều mầm để phát triển ống nanô cacbon và khi nung ủ nhiệt, các mầm đó phát triển thành ống nanô cacbon.

Đây là một cách chế tạo ống nanô cacbon có tính kinh tế nhưng khó đạt được ống nanô cacbon đều đặn.

Gần đây (tháng 3-2004) nhóm nghiên cứu vật liệu nanô ở Trung tâm Quốc tế Đào tạo về Khoa học vật liệu (ITIMS) phối hợp với Viện Vật lý kỹ thuật (IEP) ở Đại học Bách khoa Hà Nội đã bước đầu chế tạo thành công ống nanô cacbon theo phương pháp nghiền bi. Vật liệu xuất phát là than từ tre nứa và sọ dừa. Sau khi nghiền bi và đưa vào lò nung với chất xúc tác và nhiệt độ thích hợp, từ bột than mịn đã hình thành ống nanô cacbon, các sợi nanô và một vài sản phẩm khác. Đặc biệt từ các hạt xúc tác mọc ra những ống nanô cacbon thẳng và dài đến hàng trăm micromet. Quan sát ở kính hiển vi điện tử truyền qua thấy rõ trong đó có những ống nanô cacbon kiểu một vách, có những sợi hình lò xo... Với vật liệu dễ kiếm và cách chế tạo rẻ tiền, cách chế tạo ống nanô cacbon này có triển vọng thị trường chấp nhận được.

Phương pháp tổng hợp từ ngọn lửa:

Ở đây người ta dùng khí hydro cacbon đốt thành ngọn lửa tạo ra nhiệt độ cao, phần khí chưa cháy hết lại là chất bị nhiệt phân hủy tạo ra ống nanô cacbon. Tổng hợp bằng cách đốt này có thể cho ống nanô cacbon không thật đều đặn nhưng có thể có hiệu suất cao thích hợp cho công nghiệp.

Tinh lọc ống nanô cacbon:

Nói chung khi mới chế tạo ra, ống nanô cacbon luôn lẫn lộn với các sản phẩm khác như than vô định hình, hạt graphit, fulơren ... Bản thân ống nanô cacbon cũng có nhiều loại: ống nanô cacbon nhiều vách, ống dài, ống ngắn, ống to, ống nhỏ ... Do đó tuỳ theo mục đích sử dụng, luôn luôn phải tinh lọc ống nanô cacbon: tinh lọc để lấy riêng ra ống nanô cacbon, tinh lọc để chỉ lấy loại ống nanô một vách, tinh lọc để lấy loại ống nanô cacbon to và dài v.v...

Chưa có một phép tách, lọc cổ điển nào, thí dụ như lọc cơ học, ly tâm, tách theo pha lỏng pha rắn ... đáp ứng được yêu cầu tinh lọc được ống nanô cacbon với hiệu suất cao. Thường phải dùng phối hợp nhiều phương pháp. Thí dụ như phương pháp tinh lọc nhiều bước sau đây là khá phổ biến:

- Lọc sơ bộ để loại bỏ các hạt graphit.

- Dùng dung môi hữu cơ để lấy đi fulơren và axit đậm để lấy các hạt xúc tác.

- Lọc vi mô

- Lọc theo nguyên tắc cho vào chất lỏng thích hợp rồi khuấy tách ống nanô cacbon ra do độ linh động của ống nanô cacbon trong chất lỏng đặc biệt khác so với các sản phẩm còn lại.

Ống nanô cacbon tinh lọc ra thường phải để trong các chất hoạt dịch thích hợp chúng mới không bị dính nhau lại. Khi sử dụng có thể lấy riêng từng ống nanô cacbon hoặc cho trộn đều với chất khác, hoặc kết lại thành sợi dài v.v...

Trong một số trường hợp người ta dùng phương pháp ly tâm để sơ bộ tách ống nanô cacbon trước khi đưa vào lọc vĩ mô. Ưu điểm của phương pháp ly tâm là không bị ảnh hưởng nhiều của hoá chất, tách loại bỏ được nhiều hạt nhỏ, hạt vô định hình, các hạt này dễ làm tắc các lỗ của màng rây sau này. Có

khi phải dùng thêm axit nitric để làm cho các ống nanô cacbon được sạch cũng như dùng các hạt vàng làm xúc tác cho oxy làm sạch các chất bẩn hữu cơ.

Để cắt các ống nanô cacbon thành những đoạn nhỏ thường dùng siêu âm công suất lớn trong dung dịch axit mạnh. Khi bị bẻ gãy thành nhiều đoạn nhỏ, các đoạn này là những ống nanô hở đầu. Các đầu ống nanô cacbon lại có thể làm cho dính với các hạt vàng và nhờ các hạt vàng lại có thể sắp xếp các ống nanô cacbon theo những hình nhất định nhờ các phân tử lưu huỳnh.

Chế tạo fulơren:

Fulơren thường được chế tạo theo cách phóng điện hồ quang giữa hai điện cực graphit (20V, 60A) trong khí He ở áp suất cỡ 200 Torr. Nhiệt sinh ra ở chỗ hai cực graphit tiếp xúc nhau làm cho cacbon bốc bay tạo thành muội than và fulơren rơi xuống thành bình có nước làm nguội. Theo cách này các thứ rơi xuống dưới phần lớn là muội than, fulơren chỉ được cỡ 15%. Trong đó 13% là C_{60} và 2% là C_{70}. Phải tinh lọc bằng nhiều cách mới có được C_{60} tinh khiết.

Muốn có fulơren có pha tạp kim loại phải trộn kim loại cần pha tạp vào graphit trước khi ép nén thành điện cực. Cũng có thể pha tạp kim loại, đất hiếm bằng cách ngưng tụ từ pha hơi.

6.5. CÁC TÍNH CHẤT ĐẶC BIỆT CỦA ỐNG NANÔ CACBON

Tính chất cơ:

Ống nanô cacbon chỉ gồm có các nguyên tử cacbon nên nhẹ và liên kết giữa các nguyên tử toàn là liên kết cộng hoá trị nên rất bền. Người ta thường so sánh là ống nanô cacbon nhẹ hơn thép 6 lần và bền hơn thép 100 lần.

Lấy mũi nhọn nén vào đầu ống, ống bị uốn cong nhưng đầu ống không bị hư hại gì. Nếu thôi không tác dụng lực nữa, ống thẳng lại như ban đầu. Người ta phải dùng bố trí đặc biệt như kéo, uốn trong kính hiển vi điện tử truyền qua để quan sát, đo lực ở hiển vi lực nguyên tử v.v... để biết được một số thông số cơ học của ống nanô cacbon. Ở ống nhiều vách, suất Young trung bình là 1,8TPa (terapascal - 10^{12} pascal).

Ống nanô cacbon có thể biến dạng đến 40% mà chưa thấy xuất hiện biến dạng dẻo, chưa thấy triệu chứng có vết nứt hoặc đứt gãy liên kết. Quan sát ở hiển vi điện tử thấy khi biến dạng ống nanô cacbon, có lúc ống bị bẹt lại., có lúc ống bị xoắn có khi ống thắt eo theo nhiều nấc. Về mặt năng lượng, ống thu nhận năng lượng cơ để biến dạng nhưng khi cấu trúc ống thay đổi đột ngột ống lại nhả ra năng lượng. Biến dạng dẻo ở ống nanô cacbon rất liên quan đến những sai hỏng thường gọi là cặp vòng 5-7. Sai hỏng này xuất hiện như sau: Khi thân ống nanô cacbon không có sai hỏng thì các nguyên tử cacbon trên ống nằm theo các hình sáu cạnh. Khi làm biến dạng đến một mức nào đó có thể liên kết bị dịch chuyển. Mất đi một mối liên kết, hình sáu cạnh trở thành hình năm cạnh, hình sáu cạnh gần đó lại nhận thêm một mối liên kết chuyển sang thành hình bảy cạnh. Vậy là từ không có sai hỏng, chỉ có hình sáu cạnh, ống nanô trở thành có cặp sai hỏng 5 - 7 cạnh. Dưới tác dụng của lực lên ống nanô cacbon, nhiều cặp sai hỏng như trên có thể sinh ra và chuyển động, kết quả là ống nanô cacbon có những biến dạng phức tạp.

Tính chất điện:

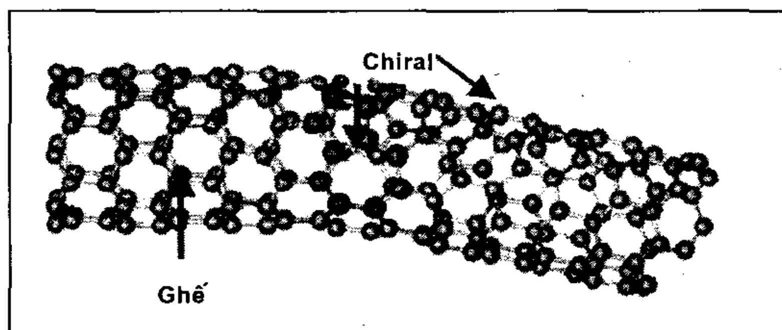
Đối với ống nanô một vách, độ dẫn điện rất phụ thuộc cấu trúc, tức là phụ thuộc (m, n). Thay đổi cấu trúc, ống nanô cacbon có thể thay đổi độ dẫn từ điện môi đến bán dẫn, đến dẫn điện như kim loại. Độ dẫn điện của ống nanô một vách cũng phụ thuộc vào đường kính của ống cũng như lực tác dụng lên ống.

Dùng hiển vi lực nguyên tử để đo điện trở ở từng phần của ống nanô cacbon thì thấy rằng đối với ống một vách dẫn điện như kim loại thì điện trở không thay đổi dọc theo ống.

Tuy nhiên đối với các ống một vách dẫn điện kiểu bán dẫn, khi kết lại thành sợi dài thì điện trở rất phụ thuộc vào các vị trí đặt các đầu bốn mũi dò để đo.

Nói chung điện trở suất của ống nanô vào cỡ 10^{-4}ohm một centimet ở 27^{0}C. Như vậy sợi ống nanô cacbon là sợi cacbon có độ dẫn tốt nhất. Các phép đo cho thấy mật độ dòng trong ống là lớn hơn 10^{7}A/cm^{2}, lý thuyết dự đoán là lớn hơn 10^{13} (A/cm^{2}).

Sai hỏng ở ống nanô có thể làm thay đổi tính dẫn điện. Thí dụ một ống nanô cacbon một vách, đoạn đầu có cấu trúc kiểu ghế bành, (m = n), đoạn sau có cấu trúc chiral (m ≠ n).



Hình 6.11: **Ống nanô từ kiểu ghế bành chuyển sang kiểu chiral. Chỗ chuyển tiếp cấu trúc có tính chỉnh lưu.**

Chỗ tiếp xúc giữa hai đoạn cấu trúc khác nhau này có tính chỉnh lưu như ở tiếp xúc p - n của bán dẫn. Có thể xem đó là một điốt hay là một nửa của một tranzito (hình 6.11).

Tính chất điện của ống nanô nhiều vách còn phức tạp hơn. Khoảng cách giữa các vách theo chiều xuyên tâm nhỏ nhất là 0,34nm (bằng khoảng cách giữa các lớp của cấu trúc graphit). Có thể xem điện tử bị nhốt trong các lá graphen của từng ống. Đối với các ống to ở phía ngoài sự dẫn điện tương tự như ở lá graphen phẳng vì khi đường kính của ống lớn khe năng lượng gần như bằng không. Những ống ở bên trong đầu dẫn điện hay không (tuỳ loại, ziczăc, ghế bành hay chiral) thì các ống bên ngoài cũng ít nhiều dẫn điện do đó ống nhiều vách ít nhất cũng có tính chất bán kim như ở graphit.

6.7. ỨNG DỤNG CỦA ỐNG NANÔ CACBON VÀ FULƠREN

Ống nanô cacbon có những tính chất cơ, điện cùng những tính chất hoá lý khác rất đặc biệt do đó có nhiều ứng dụng mới, kỳ lạ, nhiều hứa hẹn.

Đó là một dây lượng tử, từ đó có thể làm được những linh kiện điện tử rất nhỏ, có tính chất linh kiện điện tử học lượng tử.

Nổi bật nhất là từ một ống nanô cacbon một vách có tính bán dẫn làm ra

tranzito trường bằng cách cho ống nanô cacbon gác lên hai thanh kim loại làm điện cực. Tranzito trường này cực nhỏ hoạt động đóng mở rất nhanh và tốt. Nhược điểm là khó có cách làm đại trà, lắp ghép nhiều tranzito lại để có ứng dụng thực tế.

Ứng dụng đang được phổ biến là làm nguồn phát ra điện tử. Lâu nay để có tia điện tử phát ra thí dụ để dùng trong đèn hình, trong ống phát tia X v.v... người ta dùng sợi vônfram nung nóng cho phát ra nhiệt điện tử và dùng điện thế cao hàng nghìn vôn để tăng tốc. Nói chung là vừa nóng, vừa cồng kềnh. Ống nanô cacbon không cần nung nóng, chỉ cần tác dụng điện thế cỡ hàng chục vôn là đã phát ra điện tử theo hiệu ứng trường. Trên thị trường đã bắt đầu có các máy X - quang dùng cho y tế, rất nhỏ gọn, nhờ dùng một bó ống nanô cacbon làm nguồn phát điện tử. Hãng Samsung đã làm thử đèn hình phẳng gọn nhờ thay súng điện tử ở đặt ở đuôi đèn hình bằng nhiều nguồn điện tử phát xạ trường, mỗi nguồn là một ống nanô cacbon với điện thế tác dụng chỉ vài chục vôn. Đang có dự án làm cho các ống nanô cacbon tự sắp xếp ngay hàng thẳng lối và khít nhau để thành bộ nguồn phẳng, phát ra điện tử theo một diện tích lớn, mỗi sợi phát ra điện tử cho một phần tử ảnh (pixel) ở màn hình đặt gần sát đấy. Nhờ vậy các phần tử ảnh trên màn hình nhỏ và rất sáng (mật độ dòng cỡ vài trăm miliampe trên một centimet vuông).

Ống nanô cacbon rất nhỏ và rất cứng nên dùng làm đầu dò nanô thí dụ dùng làm mũi nhọn ở hiển vi quét đầu dò (SPM). Người ta lấy một bó ống nanô trong đó có một ống nhô ra rồi gắn vào lò xo lá silic ở hiển vi lực nguyên tử. Ống nanô cacbon vừa cứng vừa đàn hồi, mũi nhọn làm đầu dò như thế này không bị tù không bị gãy, kích thước nhỏ hơn nanômet.

Với mũi nhọn loại này hiển vi lực nguyên tử có thể thăm dò chụp ảnh những chỗ lồi lõm sâu thí dụ như vết nứt, sinh vật.

Vì có thể chọn ống nanô dẫn điện nên mũi nhọn làm bằng ống nanô cacbon có thể dùng cho hiển vi tunen (STM).

Ống nanô cacbon có dạng như cái kim nhỏ dài nhưng cứng nên dùng làm mũi dò cho nghiên cứu sinh vật rất tốt vì có thể chọc sâu vào mô tế bào v.v... Hạn chế ở đây là ống dài tuy cứng nhưng dễ bị rung ở đầu mút làm cho ảnh hơi bị nhòa ở độ phân giải cao.

Do ống nanô cacbon rất nhỏ, nhẹ có độ bền cực lớn nên người ta nghĩ

nhiều đến việc dùng làm chất độn trộn với polyme làm composit. Trước đây composit sợi cacbon đã rất nổi tiếng vì nhẹ và bền ít bị tác dụng hoá học đồng thời dễ đồng hoá với cơ thể sống. Người ta dự đoán rằng thay sợi cacbon bằng ống nanô cacbon, chắc là nanocomposit sợi cacbon nhiều ưu điểm hơn hẳn. Tuy nhiên một số vấn đề còn chưa giải quyết được tốt trong đó có hai khó khăn chính: ống nanô cacbon bề ngoài rất phẳng, trơn nên bám dính với polyme chưa thật như ý, ống nanô cacbon quá nhỏ nên dễ dồn đống, khó trộn đều. Các trở ngại này đang được tích cực nghiên cứu để khắc phục.

Ống nanô cacbon có khả năng dẫn điện, dẫn nhiệt tốt lại nhỏ và bền nêu có hướng sử dụng để làm nanocomposit dẫn điện. Về mặt này so với composit sợi cacbon thì dùng ống nanô cacbon làm chất độn, lúc trộn gia công composit, ống nanô cacbon không dễ bị gãy, đứt như sợi cacbon, nhờ đó tính dẫn điện, dẫn nhiệt đảm bảo tốt hơn.

Một hướng cũng là pha trộn ống nanô với polyme nhưng không phải là để tạo ra cấu trúc composit mà là dùng ống nanô cacbon để pha tạp làm cho polyme thay đổi các tính chất điện quang. Thí dụ pha trộn ống nanô cacbon một vách và nhiều vách vào PPV (m - phenylenevinylene - co - dioctoxy - p - phenelenevinylene) để có được composit ống nanô/PPV. So với polyme PPV ban đầu, sau khi pha tạp ống nanô độ dẫn điện tăng lên gần 8 bậc, hiệu suất quang huỳnh quang/ điện huỳnh quang chỉ thay đổi chút ít. Composit ống nanô/PPV này bền hơn PPV về cơ tính, ít bị lấm tấm trắng ra do một số liên kết bị phá hỏng về tích nhiệt như ở PPV. Sơ bộ phân tích thì ống nanô cacbon như là lỗ nanô tích nhiệt, nhiệt tỏa ra được thu ngay vào các lỗ đó nên các mối liên kết trong PPV không bị phá vỡ.

Ống nanô cacbon pha trộn với polyme còn được ứng dụng để làm vật liệu cấy vào cơ thể vì cacbon dễ đồng hoá với xương, mô ..., làm các màng lọc cũng như làm các linh kiện quang phi tuyến.

Một lĩnh vực được khai thác nhiều là dùng ống nanô cacbon làm cơ sở cho vật liệu làm điện cực, làm pin nhiên liệu cũng như chứa hyđrô. Ống nanô cacbon một vách có nhiều chỗ còn trống, hyđrô dễ chui vào bên trong ống, bám vào thành ống cũng như xen giữa các ống. Đã làm được pin nhiên liệu, dung dịch chứa hyđrô để rót pin vào cơ bản làm từ ống nanô cacbon. Một gam có thể chứa 10 lít hyđrô, mật độ năng lượng điện là 16.000Wh/kg. Chỉ cần rót nửa lít vật liệu này vào pin nhiên liệu là đủ để máy tính xách tay 20W

hoạt động liên tục trong 1 tháng.

Fulơren, đặc biệt là C_{60} dễ chế tạo với số lượng lớn (hàng gam), giá thành đã hạ nhiều so với trước (cỡ 100 đô la/g).

Từ quả cầu rỗng hay là cái lồng toàn bằng nguyên tử cacbon người ta đã làm ra vật liệu bôi trơn nanô, sử dụng fulơren như những viên bi cực nhỏ nhưng cực cứng.

Người ta cho các fulơren sắp xếp khít nhau theo một lớp trên đế, thí dụ NaCl và dùng sóng điện từ có thể làm cho các hạt fulơren lăn tròn trên bề mặt, có tác dụng như băng chuyền để tải các phân tử lớn đặt lên trên đó đến nơi cần thiết. Với cách pha tạp fulơren từ đó có thể có được vật liệu bán dẫn điện, siêu dẫn v.v... Có nhiều ứng dụng kiểu như vậy nhưng thực tế mới là ứng dụng trong nghiên cứu.

Ứng dụng đang nổi lên hiện nay là dùng fulơren để mang dược phẩm dùng trong y tế. Cái lồng fulơren nhỏ nhưng cứng làm bằng chất hạt mang thuốc. Người ta đã cho những ligand (phối tử) thích hợp bám ra ngoài cái lồng fulơren và dùng để ngăn chặn virus HIV tấn công các tế bào. Những thuốc chữa bệnh có sử dụng fulơren kiểu này đang bắt đầu có ở thị trường.

Nếu phủ chắc được một lớp fulơren trên bề mặt thì bề mặt đó cứng không kém gì kim cương. Tuy nhiên hiện nay làm thử cách này giá thành còn quá cao nên ứng dụng phổ biến lại là dùng fulơren mang xúc tác để dễ tạo ra kim cương nhân tạo phủ lên bề mặt. Đã có những hãng như hãng Nanô-C chuyên sản xuất fulơren để cung cấp cho thị trường.

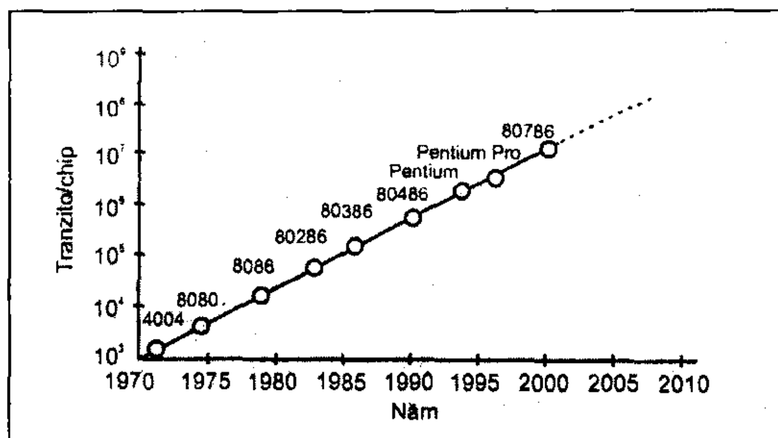
Chương 7

NANÔ ĐIỆN TỬ

7.1. TỪ VI ĐIỆN TỬ ĐẾN NANÔ ĐIỆN TỬ

Từ những năm sáu mươi của thế kỷ XX có một công nghệ nổi trội lên ảnh hưởng to lớn đến nhiều ngành công nghệ khác, làm thay đổi cả đời sống xã hội, đó là công nghệ vi điện tử. Nhờ có công nghệ vi điện tử mới có công nghệ thông tin, công nghệ thông tin đã làm cho xã hội trở thành xã hội thông tin, xuất hiện kinh tế tri thức, xu thế toàn cầu hoá.

Những phát triển nhanh chóng của xã hội hiện nay đều có liên quan với sự phát triển của công nghệ vi điện tử, công nghệ mới từ gần 40 năm nay luôn phát triển theo hàm mũ.

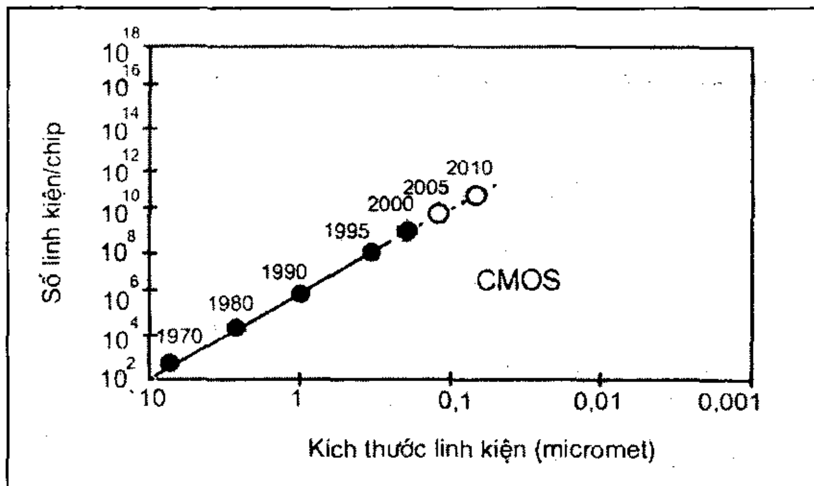


Hình 7.1: **Quy luật Moore cho thấy số tranzito trên một con chip mạch tích hợp cứ 18 tháng tăng lên gấp đôi (3 năm tăng lên 4 lần)**

Thật vậy, từ cuối những năm 1960, Gordon Moore người đồng sáng lập hãng Intel (Mỹ) đã đưa ra nhận xét, về sau người ta gọi là quy luật Moore: *cứ 18 tháng số tranzito trên một chip mạch vi điện tử tăng lên gấp đôi.*

Cho đến nay, quy luật đó vẫn được thực tế nghiệm đúng (hình 7.1).

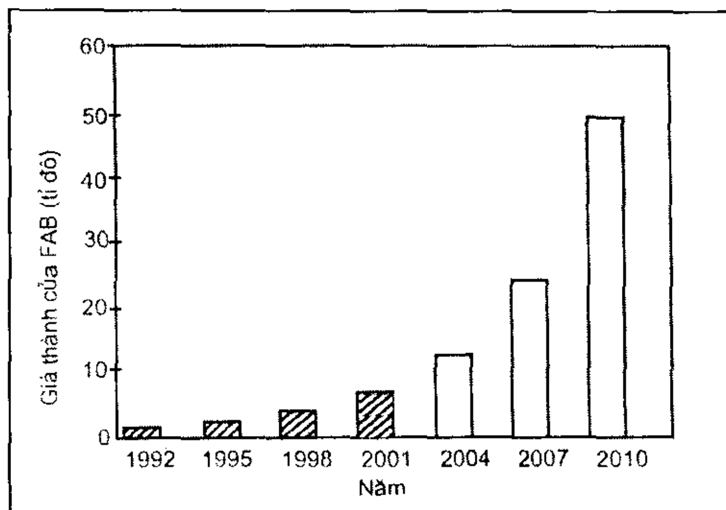
Số tranzito tích hợp trên một chip tăng nhanh như vậy tất nhiên là đi đôi với việc diện tích cần cho một tranzito ở trên chip cũng giảm theo hàm mũ (hình 7.2).



Hình 7.2: **Số tranzito trên một con chip tăng lên đi đôi với việc kích thước tranzito giảm**

Như vậy theo quy luật Moore và đúng như là diễn biến thực tế của công nghệ vi điện tử, kích thước linh kiện ở mạch tích hợp đến nay đã nhỏ hơn micromet và nếu cứ theo đúng quy luật Moore thì đến năm 2010, kích thước linh kiện chỉ là vài phần trăm micromet. Nhưng kích thước linh kiện, cứ nhỏ đi mãi như vậy làm cho công nghệ vi điện tử đứng trước hai mối lo về tương lai của mình.

Mối lo thứ nhất là tương lai kinh tế. Kích thước linh kiện càng nhỏ thì việc chế tạo càng đòi hỏi tinh vi, chính xác và như vậy là rất đắt tiền. Thực tế cho thấy trong thời gian qua, khi số linh kiện trên một chip cứ 18 tháng (một năm rưỡi) tăng lên gấp đôi thì giá thành của một nhà máy chế tạo chip cũng tăng lên theo hàm mũ: cứ ba năm tăng lên gấp đôi. Tính theo kiểu thống kê thì giá thành nhà máy chế tạo chip (FAB) tăng theo thời gian như ở hình 7.3.



Hình 7.3: **Giá thành nhà máy chế tạo chip mạch tích hợp cứ ba năm tăng lên gấp đôi**

Với giá nhà máy chế tạo tăng nhanh như vậy, nếu làm theo cung cách cũ nhưng tinh vi hơn thì tính toán về kinh tế, tiền bán chip không bù lại được chi phí chế tạo, sẽ bế tắc về kinh tế.

Mối lo thứ hai, quan trọng hơn thuộc về lý do kỹ thuật. Đó là vì khi kích thước linh kiện, thí dụ như tranzito nhỏ quá một mức nào đó thì các hiệu ứng lượng tử thể hiện mạnh, linh kiện sẽ không làm việc như cũ được nữa. Thí dụ đối với tranzito ở CMOS cao cấp nhất hiện nay, để đóng mở có khoảng hơn 1000 điện tử tham gia hoạt động. Khi kích thước tranzito nhỏ cỡ vài phần trăm micromet, việc đóng mở chỉ có 8 điện tử tham gia. Số điện tử tham gia vào việc đóng mở tranzito càng ít, càng dễ bị lầm lạc (thăng giáng thống kê $\frac{\sqrt{N}}{N}$ lớn khi N nhỏ). Nếu đảm bảo tăng mật độ tích hợp theo quy luật Moore thì đến năm 2020 để điều khiển đóng mở tranzito chỉ cần chưa đến 1 điện tử! Đó là lĩnh vực của các quy luật lượng tử, không thể dùng các quy luật vật lý như hiện nay để điều khiển tranzito được. Khó khăn này của công nghệ vi điện tử là không thể vượt qua về mặt nguyên tắc.

Con đường từ vi điện tử đến nanô điện tử không phải là con đường tiếp tục làm linh kiện nhỏ dần, từ micromet đến nanomet mà là con đường cách

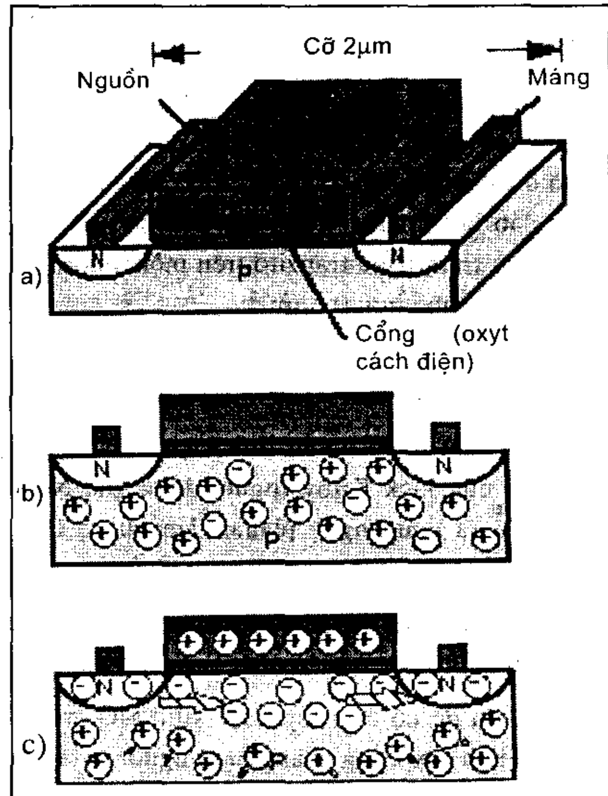
mạng: tìm những linh kiện làm việc theo những nguyên tắc vật lý mới khi kích thước linh kiện quá nhỏ, tìm những công nghệ chế tạo mới khi phải tích hợp quá nhiều linh kiện. Xu hướng hiện nay là có hai cách: một là tiếp tục con đường vật lý chất rắn nhưng chuyển sang hẳn các tính chất lượng tử để đến kích cỡ nanô, hai là chuyển sang con đường dùng phân tử, cũng là kích cỡ nanô, cũng là có tính chất lượng tử nhưng thuộc thế giới phân tử, có nhiều đặc thù mà thế giới vật rắn không có.

Một hướng nữa, cũng theo con đường của vật lý chất rắn nhưng chuyển sang điều khiển spin của điện tử bằng từ trường. Đó là spin điện tử học. Nhưng trước hết ta hãy xem con đường của vi điện tử.

7.2. VI ĐIỆN TỬ - CUỘC CÁCH MẠNG XẢY RA ĐÃ NỬA THẾ KỶ

Cuộc cách mạng sẽ phải trải qua từ vi điện tử đến nanô điện tử không phải là một cuộc cách mạng lật đổ. Thực sự đã có một cuộc cách mạng lớn từ điện tử chân không đến điện tử bán dẫn và công nghệ vi điện tử với cái mốc là việc Shockley, Brattain và Bardeen năm 1948 làm được tranzito cao 1cm có các dây vàng hàn vào tinh thể gecmanium, to đến mấy milimet vuông. Nếu trước đấy ở đèn điện tử chân không phải dùng điện thế tạo ra điện trường để điều khiển điện tử chạy qua một khoảng dài trong chân không thì ở tranzito, điện tử (và lỗ trống) chỉ chạy qua những khoảng cách rất ngắn trong chất bán dẫn và được điều khiển bởi điện trường rất nhỏ ở các lớp tiếp xúc p-n. Từ tranzito đầu tiên đó sau thời gian cỡ 10 năm đã xuất hiện công nghệ làm nhiều tranzito trên một tấm silic và phát triển thành công nghệ vi điện tử. Từ một tranzito với mối hàn dây nối ... chiếm gần một centimet vuông đến nay trên một chip diện tích cũng cỡ centimet vuông đã có đến khoảng 50 triệu tranzito, nối với nhau thành một bộ xử lý, làm việc rất tin tưởng, không một tranzito nào trong số 50 triệu đó được phép có thể hư hỏng. Ở các bộ nhớ, bộ vi xử lý, máy tính, điện thoại di động và rất nhiều máy móc hiện đại khác của thời đại công nghệ thông tin này linh kiện vừa là chủ yếu vừa chiếm đa số áp đảo là tranzito. Nhưng đây không phải là tranzito lưỡng cực như đã chế tạo đầu tiên. Ở đây là tranzito hiệu ứng trường kim loại - oxyt - bán dẫn thường gọi tắt là MOSFET (Metal Oxide Semiconductor _ Field Effect Transistor).

Cấu tạo của MOSFET đúng như tên gọi: một phiến bán dẫn Si loại p và có hai chỗ được tạp chất khuếch tán vào để Si trở thành loại n dùng làm điện cực và có tên là cực nguồn và cực máng.



Hình 7.4: **Cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của tranzito trường**

a. Cấu tạo tranzito
b. Tranzito đóng
c. Tranzito mở

Giữa cực nguồn và cực máng người ta cho hình thành một lớp oxyt silic SiO_2 cách điện rất mỏng và trên lớp oxyt là một điện cực kim loại có tên là cực cổng. Nếu tác dụng một hiệu thế giữa cực nguồn và cực máng, không có dòng điện chạy qua vì giữa hai điện cực là một lớp phân cách trên là oxyt SiO_2 cách điện và dưới là bán dẫn, không có đủ điện tích tự do để chuyển động (hình 7.4b).

Tuy nhiên nếu tác dụng lên cực cổng một điện thế dương (hình 7.4c), điện trường sẽ kéo một số điện tử ở bán dẫn lên ở sát mặt phân cách điện môi - bán dẫn. Nhờ có số điện tử này, có dòng điện chạy từ cực nguồn đến cực máng. Đúng là cực cổng làm nhiệm vụ đóng mở: có điện thế dương: cổng mở

cho dòng điện chạy qua, điện thế bằng 0 hoặc điện thế âm: cổng đóng không cho dòng điện chạy qua. Hơn thế nữa tranzito làm nhiệm vụ khuếch đại: điện thế ở cổng thay đổi rất ít, độ dẫn điện của lớp phân cách thay đổi rất nhiều, một ít biến thiên điện thế ở cổng sẽ được khuếch đại chuyển thành biến thiên rất lớn về dòng điện chạy từ nguồn sang máng.

Trong công nghệ thông tin, điều khiển xử lý tính toán v.v... tất cả đều dựa trên kỹ thuật số sử dụng linh kiện hai trạng thái: đóng và mở tức là 1 và 0. Do đó không có gì là lạ khi ở bộ nhớ, bộ xử lý linh kiện chủ yếu chiếm đa số áp đảo là tranzito. Con chip của bộ nhớ động DRAM 256Mb (megabits) chứa hàng trăm triệu tranzito trên một centimet vuông, tính ra kích thước của một tranzito nhỏ hơn 0,3μm.

7.3. TỪ KHẮC HÌNH Ở VI ĐIỆN TỬ ĐẾN KHẮC HÌNH NANÔ

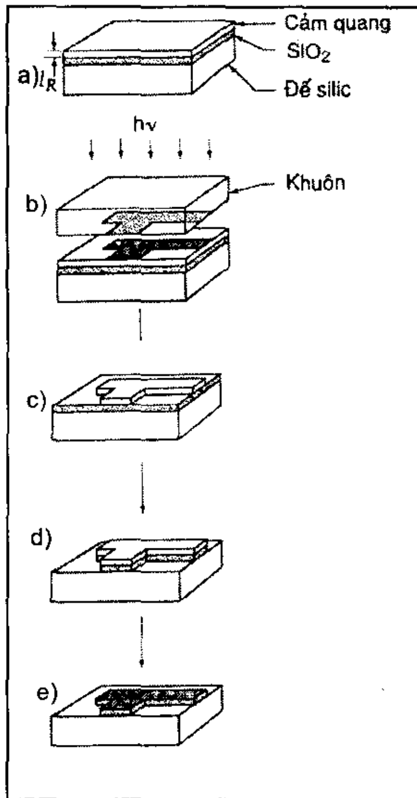
Việc làm được nhiều linh kiện trên một diện tích nhỏ được bắt đầu từ cách làm của Jack Kilby (người được giải Nobel Vật lý năm 2002). Ông đã sáng kiến ra công nghệ planar làm tất cả linh kiện, như điện trở, tụ điện, tranzito... trên mặt một phiến silic phẳng.

Một khâu rất quyết định trong công nghệ này là khắc hình. Cách khắc hình đơn giản và phổ biến nhất là quang khắc.

Thí dụ để có một lớp oxyt silic SiO_2 với hình dạng nào đó trên bề mặt silic (để làm cực cổng chẳng hạn) người ta làm như sau (hình 7.5).

Theo cách khắc hình làm khuôn như vậy ta có thể "khoét" lớp cảm quang chỗ này để lại lớp cảm quang chỗ nọ và nhờ đó lúc thì cho khuếch tán tạp chất, lúc thì cho axit ăn mòn, lúc cho hình thành lớp oxyt cách điện, lúc bốc bay kim loại làm đường dẫn điện v.v... tạo ra các loại linh kiện ở những vị trí định trước trên phiến silic.

Làm một mạch vi điện tử phải dùng đến hàng chục khuôn. Theo thứ tự quy định bởi những nhà thiết kế mạch, cũng trên một phiến silic, lần đầu chiếu bằng khuôn số 1 để quang khắc tạo ra những hình này, thí dụ để khuếch tán pha tạp mạnh tạo ra các cực nguồn và máng, tiếp theo là dùng khuôn số 2 tạo ra hình kia, thí dụ để tạo lớp oxyt silic SiO_2 làm cực cổng...



Hình 7.5: **Quang khắc (khắc hình bằng ánh sáng)**

a. Đưa phiến silic vào lò nung có oxy thổi qua lớp SiO_2 sẽ hình thành trên bề mặt phiến silic. Phủ lên bề mặt SiO_2 một lớp cảm quang. Cảm quang là một loại polyme có đặc điểm là bị biến chất khi có ánh sáng (tử ngoại) chiếu đến. Chỗ nào bị ánh sáng tử ngoại chiếu, khi nhúng vào dung dịch hiện (developer) chất cảm quang không bị hòa tan. Ngược lại chỗ nào không bị chiếu, dung dịch hiện sẽ hòa tan hết cảm quang.

b. Cho tia tử ngoại đi qua khuôn chiếu vào cảm quang khuôn có thể là tấm kính ảnh chụp thu nhỏ hình cần khắc đã vẽ to trên giấy. Thí dụ ở hình 7.5b tấm kính ảnh đã chụp hình chữ T, do đó trên cảm quang có hình chữ T là tối, không có tử ngoại chiếu đến.

c. Nhúng phiến silic vào dung dịch hiện. Cảm quang bị hòa tan, chỉ còn lại hình chữ T.

d. Cho phiến silic vào dung dịch axit đặc biệt hòa tan hết SiO_2 nhưng không hòa tan Si. Vì có lớp cảm quang bảo vệ nên lớp SiO_2 dưới chữ T vẫn còn lại.

e. Nhúng phiến silic vào dung dịch tẩy cảm quang đã tạo được lớp oxyt silic SiO_2 hình chữ T trên bề mặt phiến bán dẫn.

Các khuôn phải làm rất tinh vi chính xác, việc lắp khuôn lần sau phải rất khớp với việc lắp khuôn lần trước (so khuôn).

Những điều nêu ở trên cho thấy theo công nghệ planar càng tích hợp được nhiều linh kiện trên một chip thì diện tích một linh kiện chiếm chỗ càng nhỏ, việc khắc hình để chế tạo càng phải tinh vi vừa khó về kỹ thuật chính xác vừa tốn kém về mặt kinh tế.

Một yếu tố quan trọng nữa cần chú ý là khi dùng ánh sáng để khắc hình, chi tiết khắc được, về lý thuyết không thể nhỏ hơn nửa bước sóng ánh sáng sử dụng, thực tế đối với ánh sáng thường nhỏ đến cỡ 1 μm gần như là giới hạn. Do đó để tiến đến khắc hình với những chi tiết nhỏ hơn micromet phải dùng

những tia có bước sóng ngắn hơn: tia tử ngoại cực xa bước sóng 10 - 14nm, tia X bước sóng 1÷1,5nm hoặc dùng những cách khắc hình khác như khắc hình bằng tia điện tử, khắc hình SPM v.v...

Như vậy cách khắc hình ở công nghệ vi điện tử đang tiến đến cách khắc hình nanô.

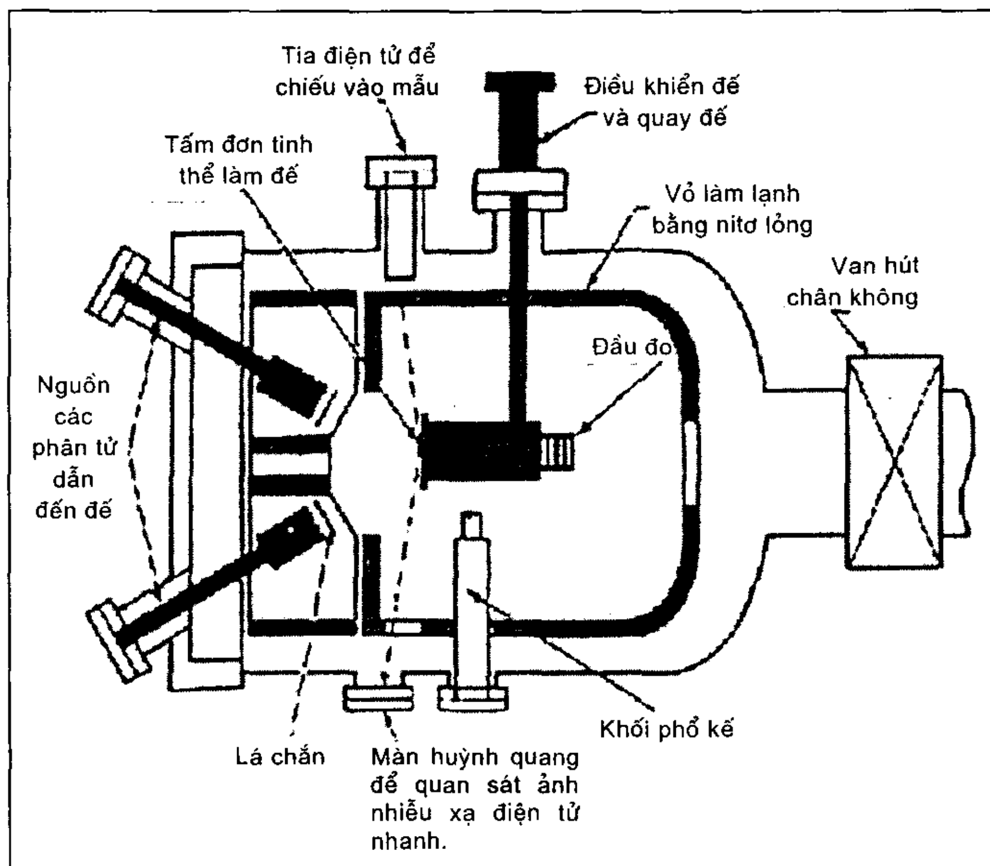
7.4. EPITAXI BẰNG CHÙM PHÂN TỬ (MBE - MOLECULAR BEAM EPITAXY)

Epitaxi bằng chùm phân tử là kỹ thuật cho chùm phân tử đến bề mặt của một đế đơn tinh thể, tạo những điều kiện thích hợp để các phân tử tự sắp xếp trật tự hết lớp đơn tinh thể này đến lớp đơn tinh thể khác dưới ảnh hưởng của cấu trúc đơn tinh thể đế. Đây là kỹ thuật bắt đầu từ cuối những năm 1960, dần dần trở thành khâu quan trọng nhất trong chế tạo cấu trúc dị thể, cấu trúc có ảnh hưởng quyết định đến chế tạo laze, chế tạo tranzito làm việc ở tần số cực cao, tạo ra khí điện tử hai chiều ... Cấu tạo nguyên lý của một thiết bị epitaxi bằng chùm phân tử như sau:

Một bình thép không rỉ (hình 7.6) được hút chân không thật cao nhờ một hệ thống nhiều loại bơm chân không.

Các phân tử được cho bay hơi lên dẫn đến bề mặt đế đơn tinh thể. Đây là các phân tử của các chất cần thiết để tạo thành lớp mỏng trên đế. Đế được nung nóng và quay đều để tạo điều kiện cho các phân tử từ chùm phân tử đến bám vào, tự sắp xếp tạo thành lớp đơn tinh thể trật tự và đều đặn.

Với những điều kiện thực nghiệm nghiêm ngặt (chân không 10^{-10}Pa, có vỏ làm lạnh ở nhiệt độ nitơ lỏng, cho nguồn phân tử bay hơi ở áp suất rất thấp cỡ 10^{-4}Pa...) màng đơn tinh thể có thể hình thành trên đế rất tốt và rất chậm, cỡ một lớp phân tử trong một giây. Nhiều thiết bị kiểm tra phân tích tại chỗ và thực thời, thí dụ chiếu chùm điện tử vào bề mặt để kiểm tra lớp phân tử hình thành có là đơn tinh thể không, phân tích Auger để biết thành phần trong vài ba lớp phân tử v.v...



Hình 7.6: **Thiết bị epitaxi bằng chùm phân tử MBE**

Epitaxy bằng chùm phân tử là một kỹ thuật của vi điện tử nhưng thực chất kỹ thuật này điều khiển hình thành từng lớp nguyên tử, đó cũng là kỹ thuật của công nghệ nanô.

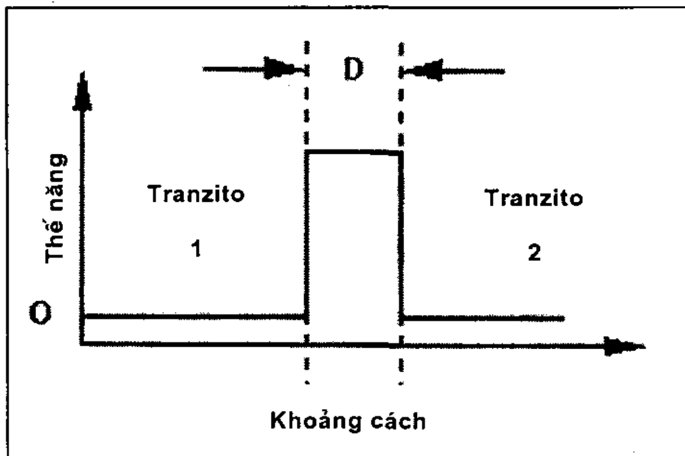
7.5. CÔNG NGHỆ VI ĐIỆN TỬ GẶP PHẢI NHỮNG HẠN CHẾ GÌ KHI TIẾP TỤC GIẢM KÍCH THƯỚC LINH KIỆN

Không có ở đâu rõ bằng ở công nghệ vi điện tử: không tiến lên là lạc hậu mà lạc hậu thì chết. Yêu cầu tiến lên ở công nghệ vi điện tử rất khe khắt: ít nhất là sau 18 tháng mật độ tích hợp linh kiện phải tăng gấp đôi (quy luật Moore), vậy kích thước linh kiện cũng phải giảm nhanh theo quy luật hàm mũ

tương tự.

Ta xét riêng về mặt kỹ thuật và chỉ xét linh kiện tiêu biểu là tranzito trường MOSFET. Khi kích thước giảm, nhỏ quá một mức nào đó sẽ xuất hiện nhiều khó khăn.

- *Khó khăn về điện trường:* Ở nhiệt độ làm việc bình thường (nhiệt độ phòng) luôn luôn có nhiễu do nhiệt độ vào cỡ 25mV. Muốn tranzito làm việc ổn định ở nhiệt độ phòng, điện thế tác dụng lên tranzito ít nhất cũng bốn năm lần lớn hơn điện thế nhiễu, tức là cỡ trên 100mV. Nhưng khi tranzito nhỏ, khoảng cách giữa các cực cũng nhỏ, điện thế cỡ 100mV vẫn gây nên điện trường lớn ($E = \frac{V}{d}$, E là điện trường, V là hiệu thế và d là khoảng cách giữa hai điểm có hiệu thế V). Đối với bán dẫn cũng như đối với điện môi khi điện trường cao quá một mức nào đó dễ xảy ra sự phóng điện thác lũ, tạo ra dòng điện lớn đủ sức phá hoại bán dẫn, điện môi.



Hình 7.7: **Hai tranzito chỉ cách nhau một khoảng D nhỏ**

- *Trở ngại vì xuyên hầm:* Các tranzito trong mạch tổ hợp phải cách điện với nhau (chỉ nối với nhau bằng các đường dẫn điện). Điện tử từ tranzito này không được rò rỉ qua tranzito kia qua các chỗ cách điện.

Tuy nhiên khi các tranzito quá gần nhau (hình 7.7) có hiện tượng xuyên hầm (tunen), điện tử chui qua được hàng rào thế tức là xuyên qua lớp cách điện. Với điện thế làm việc bình thường của tranzito, nếu khoảng cách điện môi giữa hai tranzito cỡ 10nm, dòng điện xuyên hầm đã khá lớn đủ phá hoại chế độ làm việc của tranzito.

- *Trở ngại về tỏa nhiệt:* Số lượng tranzito trên một centimet vuông càng tăng, tức là tranzito càng nhỏ, khi mạch tích hợp làm việc nhiệt tỏa ra càng nhiều.

Tính thử nếu tranzito nhỏ đến cỡ phân tử, khi mạch tích hợp làm việc, nhiệt tỏa ra không kém gì nhiệt ở thuốc súng đang cháy !

Với mức tích hợp như hiện nay, mỗi tranzito mới chỉ là hơi nhỏ hơn micromet vấn đề tỏa nhiệt đã bắt đầu khá vất vả. Với công nghệ vi điện tử hiện nay, nhiều trường hợp không thể thiết kế mạch tích hợp cao hơn, số linh kiện trên một chip nhiều hơn không phải vì không khắc hình đủ mức chính xác được mà là vì không giải quyết được tốt hơn vấn đề tỏa nhiệt.

Qua những điều khó khăn nói trên, chúng ta thấy rõ thêm là nếu cứ dùng công nghệ vi điện tử như hiện nay, chỉ cải tiến sao cho linh kiện từ kích cỡ micromet càng ngày càng nhỏ tiến đến kích cỡ nanomet thì không lâu nữa sẽ bị bế tắc.

Có hai hướng lớn đang được đầu tư nghiên cứu để phát triển:

Một hướng là tiếp tục dùng các vật liệu bán dẫn, theo con đường này phải thay đổi, làm các linh kiện hoạt động theo những nguyên lý mới, dựa theo hiệu ứng lượng tử. Hiện nay đã bắt đầu xuất hiện các linh kiện như tranzito đơn điện tử (SET - Single Electron Transistor) linh kiện tunen cộng hưởng (RTD - Resonance Tunneling Device), linh kiện spin điện tử học. Có thể có biện pháp lai, làm linh kiện lai giữa vi điện tử và nanô điện tử. Đây là hướng hiện thực nhiều triển vọng của giai đoạn quá độ.

Một hướng nữa là dùng phân tử để làm linh kiện, gọi là điện tử học kích cỡ phân tử (Molecular Scale Electronics). Người ta đã chọn được một số phân tử có khả năng làm dây (lượng tử) làm điốt, làm tranzito... Hướng này tuy có khó khăn nhưng có ưu điểm là có thể làm đồng loạt rất nhiều linh kiện một cách rẻ tiền.

Ta sẽ lần lượt xét qua những thí dụ cụ thể.

7.6. MỘT SỐ LINH KIỆN CƠ BẢN CỦA NANÔ ĐIỆN TỬ

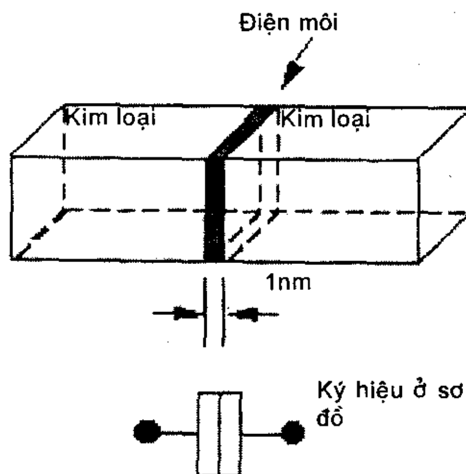
- *Chấm lượng tử (QD - Quantum Dot)*: gọi là chấm vì nó rất nhỏ kích cỡ chỉ vài nanomét. Chấm lượng tử có thể làm bằng vật liệu bán dẫn, kim loại

hoặc polyme. Hành vi của điện tử trong một chấm như vậy rất khác thường vì điện tử xem như bị nhốt trong một không gian quá chật hẹp. Các mức năng lượng của nó không chi chít thành băng thành dải như ở vật rắn mà chỉ gồm có một số mức cách xa nhau tương tự như các mức năng lượng của nguyên tử. Vì vậy người ta gọi chấm lượng tử là nguyên tử nhân tạo.

Có thể chọn hai mức năng lượng nối tiếp nhau nhưng hơi xa nhau, điện tử ở mức dưới ta gọi là mức 0, điện tử khi ở mức trên ta gọi là mức 1. Như vậy chấm lượng tử là linh kiện có hai trạng thái. Làm rất nhiều chấm lượng tử như vậy ta có được bộ nhớ mức độ tích hợp rất cao. Thí dụ mỗi chấm kích thước 10nm thì trên một chip kích thước $1cm^2$ có đến 10^{12} chấm tức là có thể dùng để xử lý ghi 1000Gb.

Thực tế phải ghép các linh kiện khác vào để ghi được, đọc được các trạng thái của chấm lượng tử nên người ta kết hợp dùng chấm lượng tử như là một phần của linh kiện đóng mở.

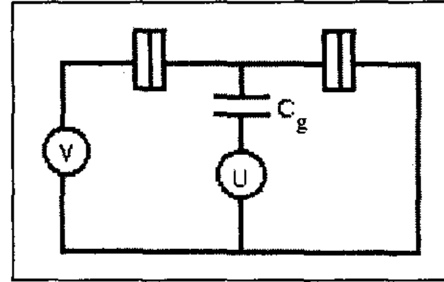
Tranzito đơn điện tử (SET - Single Electron Transistor)



Hình 7.8: **Tiếp xúc tunen**

Tranzito đơn điện tử có cấu tạo gồm hai tiếp xúc tunen nối với một điện cực chung (hình 7.8). Tiếp xúc tunen gồm hai kim loại giữa là một lớp điện môi rất mỏng, bề dày lớp điện môi chỉ khoảng 1nm. Nếu giữa hai kim loại có

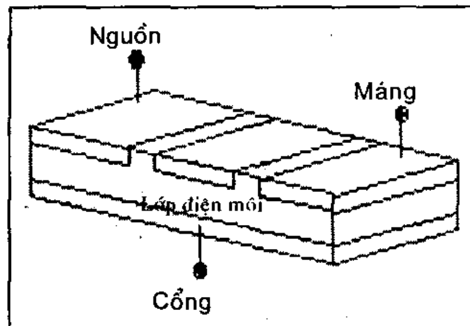
hiệu thế, nói chung là không có dòng điện chạy qua vì giữa là điện môi cách điện, có một hàng rào thế. Nhưng khi bề dày điện môi quá nhỏ, có hiện tượng chui hầm (tunen): điện tử không vượt rào được nhưng lại chui qua hàng rào. Đây là một hiệu ứng lượng tử. Việc chui hầm là do từng điện tử thực hiện nên điện tích chạy qua tiếp xúc tunen là một số nguyên lần điện tích e của điện tử. Nếu mắc nối tiếp hai tiếp xúc tunen như ở hình vẽ 7.9 thì vùng ở giữa gọi là "đảo Coulomb" chỉ có điện tử xuyên hầm qua một trong hai tiếp xúc tunen mới chui vào được. Tụ điện Cg nối vào đấy có tác dụng tạo ra điện thế cho đảo Coulomb, dòng điện không qua được (lớp cách điện ở tụ điện rất dày so với lớp cách điện ở tiếp xúc tunen).



Hình 7.9: **Mạch của tranzito đơn điện tử**

Tụ điện này tương tự như cực cổng G ở tranzito trường còn hai đầu của hai tiếp xúc tunen tương tự như cực nguồn S và cực máng D.

Khi điện thế V ở cực cổng bằng không hầu như không có điện tử chui hầm qua được hai tiếp xúc tunen. Nhưng khi điện thế V dương, có dòng chạy qua tiếp xúc tunen. Tính toán cho thấy nếu điện thế V đó bằng $\frac{e}{2Cg}$, e là điện tích của điện tử; Cg là điện dung tụ điện thì từng điện tử một chạy qua mạch. Như vậy là có thể đóng mở để từng điện tử qua tranzito. Cấu tạo của một tranzito đơn điện tử làm theo công nghệ planar được vẽ ở hình 7.10.



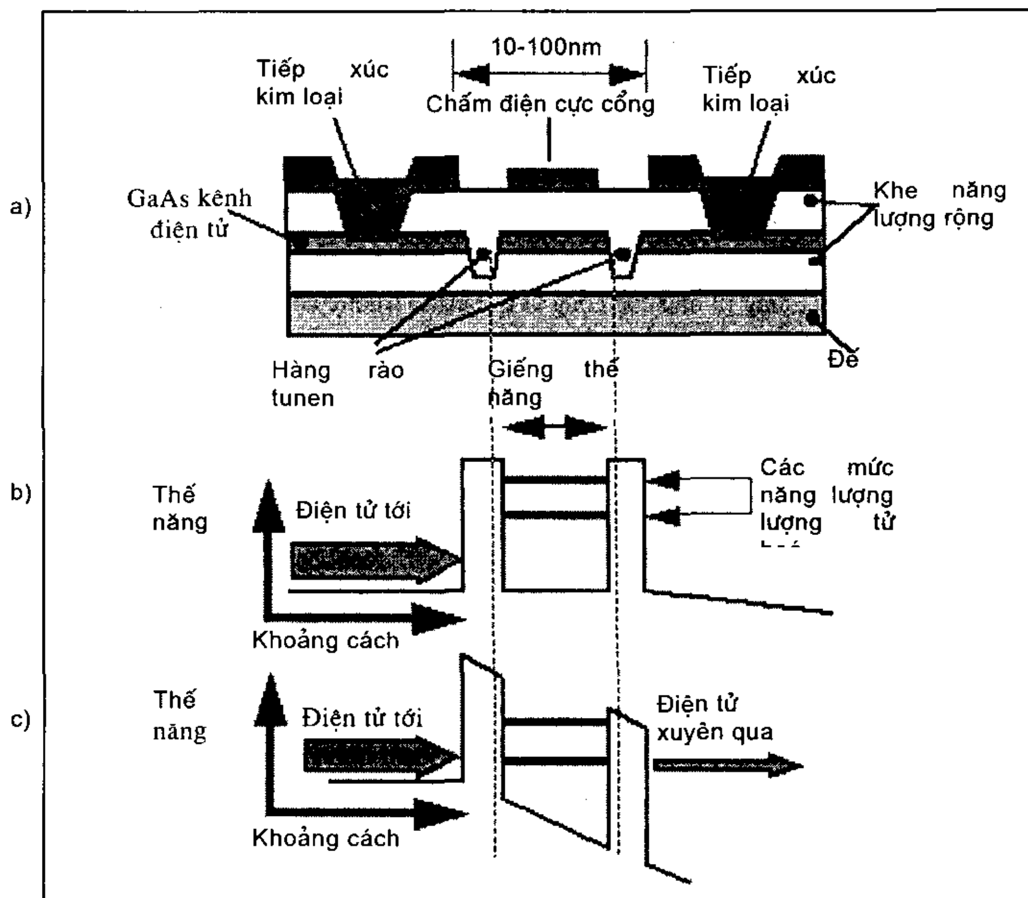
Hình 7.10: **Cấu tạo của tranzito đơn điện tử**

Linh kiện cộng hưởng xuyên hầm:

Đây là linh kiện có khả năng làm nhiệm vụ đóng mở, làm việc theo cách rất lượng tử.

Cấu tạo của linh kiện vẽ ở hình 7.11. Với kỹ thuật epitaxi bằng chùm phân tử người ta tạo ra trên đế lớp bán dẫn GaAs (asenic gali) bị kẹp giữa hai lớp AlAs (nhom gali). Cấu trúc bánh kẹp này tạo ra giếng lượng tử, các mức năng lượng của điện tử ở đây rất thưa nhau (hình 7.11b hai mức năng lượng trong giếng vẽ ở giữa).

Dùng kỹ thuật khắc hình người ta khoét, tạo ra hai hàng rào tunen và các điện cực kim loại và đặc biệt có một điện cực là một chấm rất nhỏ, cỡ 10 nanomet.



Hình 7.11: **Linh kiện cộng hưởng tunen**
a. Cấu tạo; b. Đóng - điện tử không qua được c. Mở- điện tử xuyên qua

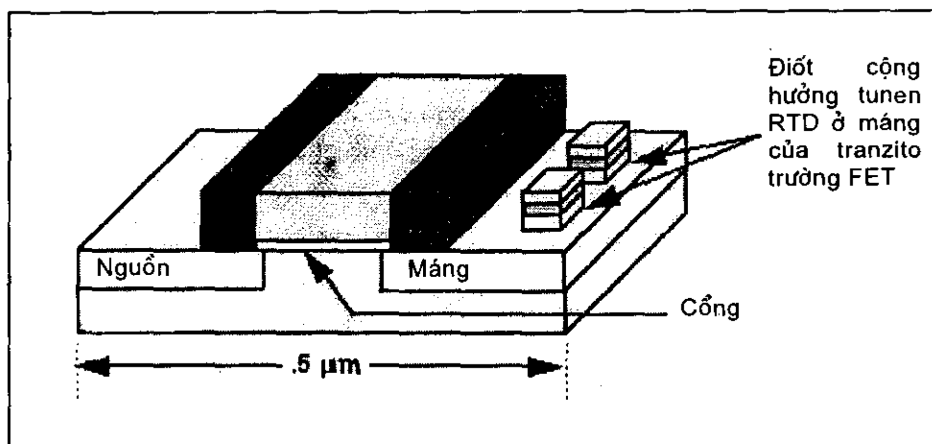
Chấm điện cực này có vai trò của cái cổng. Điện tử muốn đi từ điện cực kim loại này sang điện cực kim loại kia phải chui hầm qua hàng rào thế nhưng muốn qua được năng lượng điện tử cũng phải phù hợp với mức năng lượng ở giếng lượng tử, nói cách khác phải cộng hưởng với các mức năng lượng của giếng. Điện thế ở chấm điện cực cổng điều khiển việc cộng hưởng này, tức là điều khiển lúc mở cho điện tử chạy qua, lúc đóng lại, tức là làm nhiệm vụ đóng mở.

Việc đóng mở này cực kỳ nhạy, hoặc hoàn toàn không cho điện tử qua, hoặc cho qua cực kỳ ít điện tử, nhờ đó làm việc rất tin cậy và tiêu thụ rất ít năng lượng (ít tỏa nhiệt).

Linh kiện lai vi điện tử - nanô điện tử:

Một thí dụ về linh kiện lai là tranzito cộng hưởng tunen (RTT - Resonance Tunneling Transistor) gồm tranzito trường thông thường (MOSFET) ghép với nhiều điốt cộng hưởng tunen (RTD - Resonance Tunneling Diode). Linh kiện này ghép hai trạng thái đóng mở của tranzito trường với nhiều điốt cộng hưởng tunen, mỗi điôt này cũng có hai trạng thái đóng mở, kết quả là có linh kiện đóng mở đa trạng thái.

Cấu tạo nguyên tắc của linh kiện này vẽ ở hình 7.12.



Hình 7.12: **Tranzito cộng hưởng tunen**

Ta thấy cổng của tranzito trường cho phép đóng mở để có hay không có dòng điện từ nguồn đến máng, nhưng có hay không có dòng điện qua điôt cộng hưởng tunen lại còn phụ thuộc cổng của điôt này đóng hay mở. Như vậy là linh kiện thực hiện nhiều trạng thái đóng mở phối hợp.

7.7. ĐIỆN TỬ HỌC PHÂN TỬ

Ta đã thấy khi kích cỡ tinh thể thu nhỏ lại đến một mức nào đó, điện tử như bị nhốt lại trong không gian quá chật hẹp, các mức năng lượng của điện tử thưa ra gần giống như các mức năng lượng của điện tử trong nguyên tử. Vì vậy khi tinh thể nhỏ đến cỡ nanomet, người ta xem như là một cái chấm, gọi là chấm lượng tử.

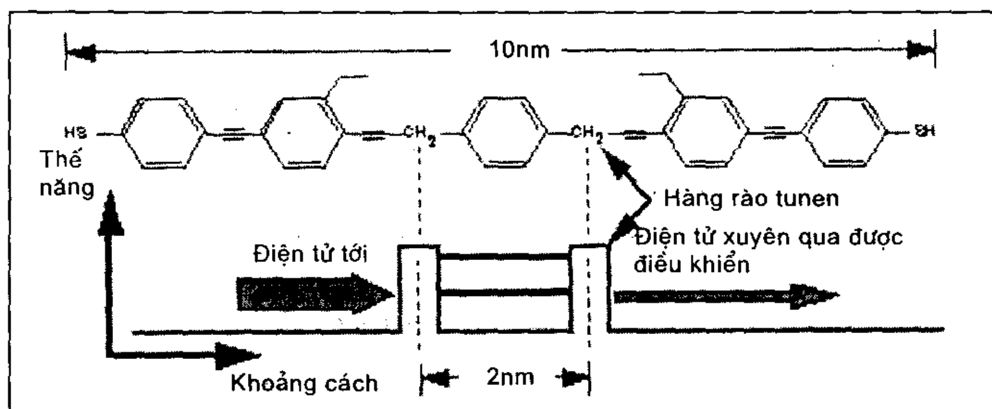
Tương tự, các phân tử riêng biệt kích thước cũng vào cỡ nanô, điện tử trong từng phân tử cũng có nhiều tính chất lượng tử nhất định. Điện tử học phân tử lợi dụng những tính chất điện đặc biệt của các phân tử, ghép nối lại để tạo ra linh kiện điện tử, mạch điện tử. Đây cũng chính là một loại điện tử học nanô, nhưng có đặc thù là dựa trên cơ sở của phân tử nên gọi là điện tử học phân tử (tên đầy đủ: điện tử học kích cỡ phân tử).

Điện tử học phân tử có thể có một số ưu điểm nổi trội.

Thứ nhất là các phân tử có kích thước rất nhỏ. Thí dụ chấm lượng tử tinh thể chất rắn hiện nay có kích thước cỡ 1 - 10μm phải làm lạnh ít nhất là đến nhiệt độ nitơ lỏng thì các trạng thái mới ổn định, ít bị nhiễu. Còn các phân tử thường có kích cỡ từ 1 - 10nm ở nhiệt độ phòng các trạng thái lượng tử khá ổn định. Do đó từ các phân tử, có thể tạo ra các linh kiện vừa nhỏ, có thể tích hợp được nhiều, vừa là làm việc bình thường ở nhiệt độ phòng. Đây là một ưu điểm rất quan trọng của điện tử học phân tử.

Ưu điểm lớn thứ hai là phân tử có thể được chế tạo một cách đồng loạt rất nhiều và tương đối rẻ tiền. Nói rằng chế tạo, thực sự ra là tạo điều kiện cho chúng tự hình thành, tự lắp ráp. Đó là một hướng ưu việt điển hình của công nghệ nanô: làm từ nhỏ đến to, làm theo cách tự lắp ráp.

Ta xét một số thí dụ sau đây (hình 7.13).



Hình 7.13: **Linh kiện điôt cộng hưởng tunen làm từ phân tử**

- Phân tử metylen là một chấm lượng tử. Điện tử trong phân tử này có những mức năng lượng rất rời rạc.

- Nối các phân tử metylen lại thành chuỗi, ta được dây phân tử. Điện tử chạy được qua dây này nhưng không phải chạy liên tục như ở dây điện mà là chạy nhảy quãng, nói cách khác là chạy theo kiểu đạn đạo, kiểu xung kích.

Tuy là chạy theo kiểu đạn đạo nhưng vẫn tương đối dễ chạy qua, có thể xem là dẫn điện.

- Có những loại phân tử như CH_2 điện tử rất khó chạy qua, hầu như là ngăn cách điện, có hàng rào thế cao.

Vậy nối các chuỗi phân tử metylen với các phân tử CH_2, ở giữa là một phân tử etylen, như ở hình 7.13 ta có cấu trúc tương tự như điốt cộng hưởng tunen bằng chất rắn đã nói ở phần trước. Tuy nhiên ở đây tất cả đều có kích cỡ phân tử, thực sự đó là những phân tử.

Theo những nhà chế tạo thì hy vọng có thể dùng các phương pháp hoá học chế tạo hàng loạt, mỗi mẻ làm được 10^{23} cái.

7.8. SPIN ĐIỆN TỬ HỌC

Spin điện tử học bắt đầu từ hiện tượng từ điện trở khổng lồ GMR (Giant Magneto Resistance) công trình của các nhà khoa học Pháp công bố năm 1988.

Từ trường có ảnh hưởng đến chuyển động của điện tử, điều đó được biết từ thế kỷ XIX: điện trở R của một vật dẫn bị thay đổi một lượng là ΔR khi có

tác dụng của từ trường H và biến thiên tương đối $\frac{\Delta R}{R}$ được gọi là từ điện trở. Trước đây người ta tìm thấy vật liệu có từ điện trở lớn là kim loại và hợp kim có từ tính; đặc biệt là hợp kim từ Fe - Ni có từ điện trở lớn nhất, đến 3%.

Tuy nhiên đến 1988 người ta phát hiện được vật liệu ở dạng màng mỏng nhiều lớp cứ hai lớp từ kẹp ở giữa là lớp phi từ, có từ điện trở cực kỳ lớn. Thí dụ màng nhiều lớp, cứ một lớp sắt từ Fe dày 3nm lại lớp phi từ Cr dày 0,9nm rồi lớp Fe dày 3nm ... cứ tiếp tục như vậy cho đến 60 lớp, từ điện trở $\frac{\Delta R}{R}$ lớn đến 50%. Người ta gọi đó là từ điện trở khổng lồ GMR (Giant Magneto Resistance).

Về sau, cũng bằng cách làm màng mỏng nhiều lớp tương tự, nhưng thay đổi vật liệu và bề dày người ta đạt được những giá trị $\frac{\Delta R}{R}$ đến 250% và hơn nữa. Khi giải thích hiện tượng từ điện trở khổng lồ nói trên, người ta phải để ý đến cái gọi là spin của điện tử. Điện tử có hai thuộc tính quan trọng: một là có điện tích hai là có spin. Chữ spin có nghĩa là quay, có thể tạm hiểu là điện tử luôn luôn tự quay quanh mình nên có momen từ gọi là momen từ spin.

Do có spin nên khi chạy trong màng có nhiều lớp từ và phi từ như nói trên, điện tử chịu thêm một loại tán xạ, cản trở chuyển động của điện tử: tán xạ của mômen từ spin điện tử với từ độ của màng từ, đặc biệt là chỗ phân cách giữa màng từ và màng phi từ. Khi spin của điện tử song song và cùng chiều với vectơ từ độ, spin điện tử rất ít bị tán xạ, trái lại khi ngược chiều bị tán xạ mạnh.

Khi có từ trường ngoài tác dụng có thể tất cả các vectơ từ độ ở các lớp từ đều nằm song song và cùng chiều với chiều của spin điện tử lúc đó điện tử bị tán xạ ít, điện trở nhỏ.

Trái lại khi không có từ trường ngoài các vectơ từ độ này không song song, thậm chí có thể cái thì quay ngược, cái thì quay xuôi, điện trở lớn. Kết quả là điện trở của màng từ nhiều lớp thay đổi rất nhiều khi có từ trường ngoài và không có từ trường ngoài tác dụng. Đó là nguyên nhân của từ điện trở khổng lồ.

Chính lợi dụng việc điện trở thay đổi mạnh khi có từ trường trong 5 năm

gần đây ở máy tính của hãng IBM, đầu từ thông thường để đọc đĩa từ được thay thế bằng đầu từ từ điện trở khổng lồ, gọi là đầu từ GMR. Đầu từ GMR nhạy hơn nhiều so với các loại đầu từ cũ, nhờ đó diện tích dành để ghi một bit ở đĩa từ nhỏ hơn, đĩa từ ghi được nhiều hơn. Màng nhiều lớp có hiệu ứng từ điện trở khổng lồ, thực tế mỗi lớp có bề dày nhỏ hơn một nanomet nên đây cũng là vật liệu nanô.

Người ta nói rằng hãng IBM đã chế tạo và phổ biến đầu từ GMR một cách rộng rãi, vậy là hãng đó thực tế đã ứng dụng rất mạnh công nghệ nanô trong điện tử học tuy rằng hãng này không công bố.

Điều quan trọng rút ra từ hiệu ứng từ điện trở khổng lồ là đã làm xuất hiện một khả năng mới để điều khiển điện tử. Lâu nay, từ điện tử học chân không đến điện tử học bán dẫn và cao cấp nhất là vi điện tử, để điều khiển hành vi của điện tử người ta dùng điện trường vì điện trường tác dụng lên điện tích của điện tử.

Nhưng vì điện tử còn có spin nên có thể dùng từ trường để điều khiển spin của điện tử. Điều khiển spin của điện tử cũng là điều khiển điện tử, cũng có thể bắt buộc điện tử chạy theo chiều này, chiều kia tức là điều khiển được dòng điện.

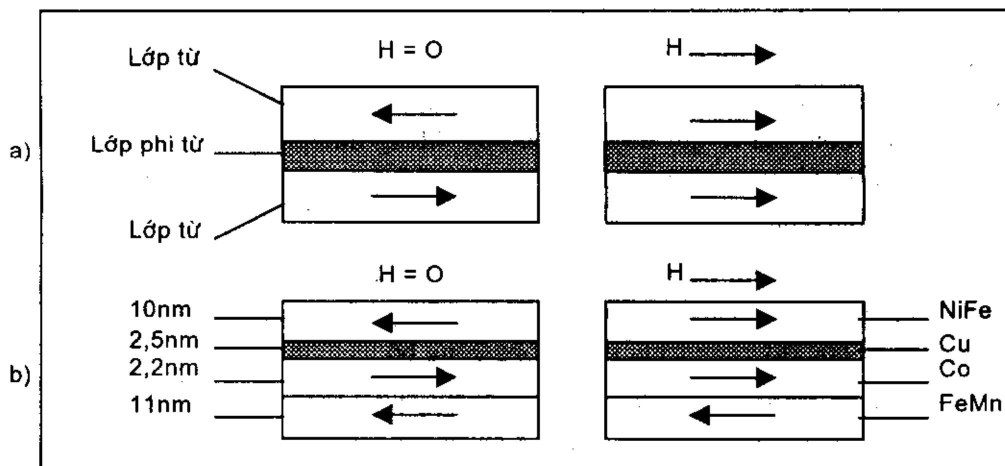
Từ đây xuất hiện ngành spin điện tử học. Các linh kiện ở đây đều được cấu thành ở dạng màng rất mỏng, diện tích rất nhỏ... nên đây là một ngành của công nghệ nanô, một ngành của nanô điện tử học.

7.8.1. MỘT SỐ LINH KIỆN CƠ BẢN CỦA SPIN ĐIỆN TỬ HỌC

- **Van spin**: gọi là van vì có tác dụng đóng mở, có thêm chữ spin vì thực chất đóng mở dựa vào spin của điện tử. Nhưng kết quả cuối cùng cũng là đóng mở cho dòng điện chạy qua hay không chạy qua.

Cấu tạo tối thiểu là có ba lớp, hai lớp từ hai bên, lớp phi từ ở giữa. Có thể xét dòng điện chạy song song với các lớp hoặc vuông góc với các lớp.

Điện tử có spin theo một chiều nào đó chạy qua van spin được nhiều hay ít là tuỳ thuộc vào vectơ từ độ của hai lớp từ. Nếu chúng ngược chiều nhau, điện trở lớn điện tử khó đi qua, nếu chúng cùng chiều, điện trở nhỏ, điện tử dễ đi qua.



Hình 7.14: **Cấu tạo của van spin**

a. Van spin thường; b. Van spin có ghim: lớp FeMn có từ tính luôn buộc vectơ từ độ của lớp Co gần đó có vectơ từ độ theo một chiều nhất định.

Người ta có thể chọn vật liệu và làm lớp phi từ có bề dày thích hợp để khi không có từ trường ngoài, hai lớp từ luôn luôn có vectơ từ độ ngược nhau (sắp xếp phản sắt từ, điện trở lớn) khi có từ trường hai vectơ từ độ cùng quay theo chiều từ trường (điện trở nhỏ). Cũng có thể làm thêm lớp ghim là lớp vật liệu từ cứng luôn giữ cho một lớp vật liệu từ có vectơ từ độ nằm theo một chiều nhất định và dùng từ trường ngoài để điều khiển vectơ từ độ của lớp từ còn lại.

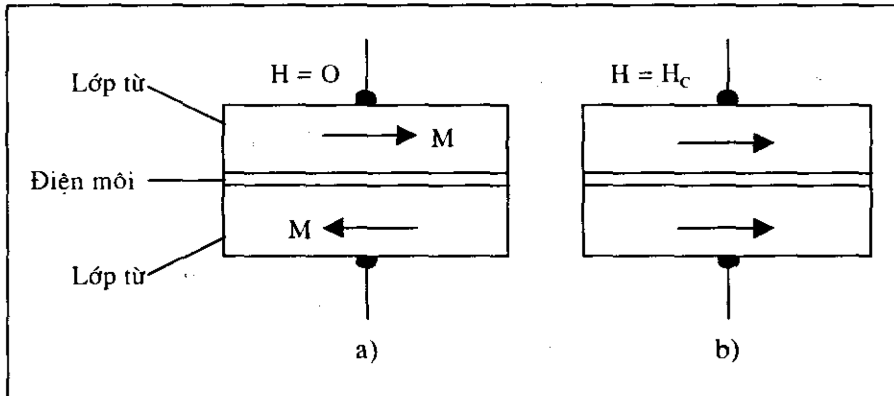
Tuy rằng việc đóng mở dòng điện của van spin như đã mô tả không thật triệt để mà đóng có nghĩa là hạn chế cho dòng điện chạy qua ít còn mở có nghĩa là cho dòng điện chạy qua nhiều, nhưng trong kỹ thuật số, linh kiện đóng mở chỉ cần có hai trạng thái rành mạch là được.

Tiếp xúc tunen từ MTJ (Magnetic Tunneling Junction).

Thực chất đây cũng là một loại van nhưng nhạy và hai trạng thái rất rõ ràng.

Cấu tạo của tiếp xúc tunen từ gồm có hai lớp từ kẹp ở giữa là một lớp điện môi mỏng (hình 7.15). Dòng điện từ lớp từ dẫn điện này không thể đến lớp từ dẫn điện kia được vì có lớp điện môi ngăn cách. Nếu lớp điện môi rất

mỏng, có khả năng có dòng điện xuyên hầm (tunen). Tuy nhiên điện tử có thể xuyên hầm tạo nên dòng điện hay không còn phụ thuộc vào vectơ từ độ của hai lớp từ. Nếu chúng ngược chiều nhau, điện tử không chui hầm được, (hình 7.15a) nếu chúng cùng chiều điện tử xuyên qua được tạo thành dòng điện (hình 7.15b). Vậy với tiếp xúc tunen từ như ở hình vẽ và dùng từ trường ngoài để điều khiển: khi có từ trường ngoài, hai vectơ từ độ của hai lớp từ song song nhau và cùng chiều, dòng điện xuyên hầm chạy qua tiếp xúc, khi không có từ trường ngoài, hai vectơ từ độ của hai lớp từ ngược chiều nhau, không có dòng điện xuyên hầm.

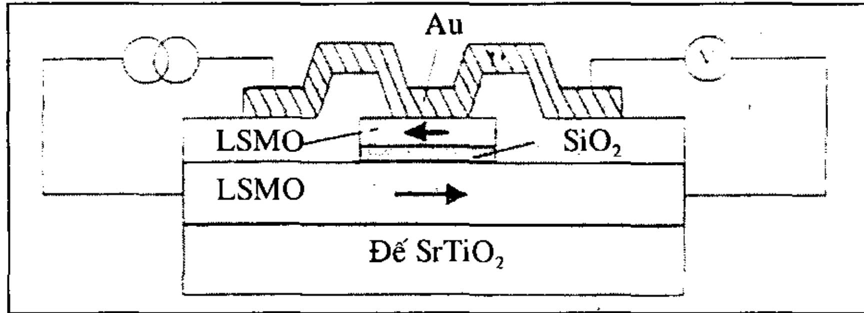


Hình 7.15: **Tiếp xúc tunen từ**
a. Không có dòng tunen; b. Có dòng tunen

Đó là một van spin lý tưởng vì khi van mở có dòng điện xuyên hầm còn khi van đóng thì hoàn toàn không có dòng xuyên hầm, hai trạng thái có và không rất rõ ràng phân biệt.

Tranzito tiếp xúc tunen từ:

Cấu tạo của tranzito như vẽ ở hình 7.16. Phần chủ yếu ở đây là hai lớp từ làm bằng hợp kim từ lantan, strongti mangan và oxygen viết tắt là LSMO. Việc đóng mở tranzito phụ thuộc từ trường ngoài điều khiển vectơ từ độ ở lớp LSMO, nếu có từ trường ngoài hai vectơ từ độ song song, tranzito mở và ngược lại.



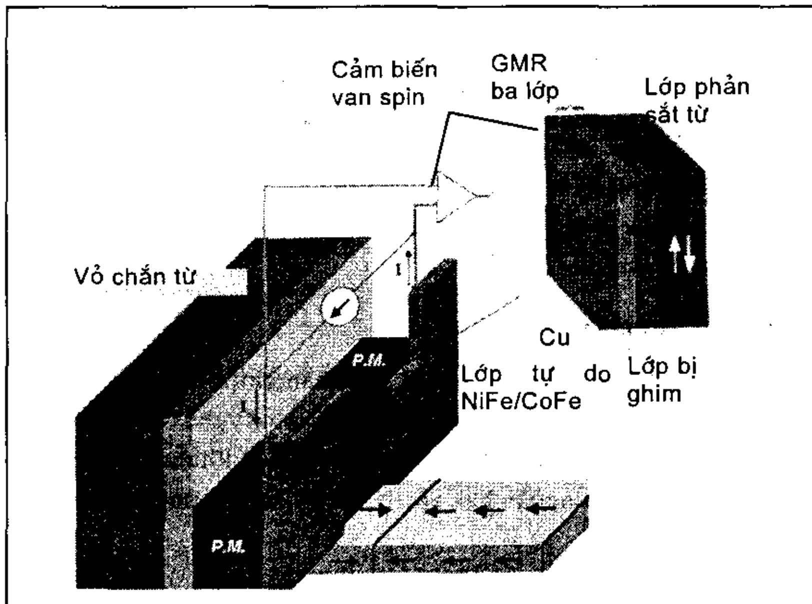
Hình 7.16: **Tranzito MTJ**
LSMO: lớp từ; SiO_2: lớp điện môi

7.8.2. ỨNG DỤNG CỦA SPIN ĐIỆN TỬ HỌC

Hai ứng dụng nổi nhất của spin điện tử học là đầu từ GMR và bộ nhớ MRAM.

Đầu từ GMR

Cấu tạo của đầu từ GMR hiện nay đang sử dụng vẽ ở hình 7.17.



Hình 7.17: **Đầu từ GMR**

Các bit thông tin được ghi trên đĩa cứng dưới dạng các diện tích nhỏ có vectơ từ độ hoặc theo chiều này (0) hoặc theo chiều kia (1) như vẽ bằng các mũi tên. Khi chạy qua đầu đọc mà chủ yếu là hai lớp sắt từ NiFe/CoFe và CoFe kẹp ở giữa là lớp mỏng phi từ Cu. Các lớp còn lại có nhiệm vụ ghim cho lớp sắt từ CoFe có từ độ theo một phương nhất định. Từ trường do các vectơ từ độ ở đĩa từ tạo ra sẽ làm cho vectơ từ độ lớp tự do NiFe/CoFe quay sang bên này hoặc bên kia tức là làm cho điện trở ở đầu từ cao hay thấp, ứng với bít 0 hay bit 1.

Bộ nhớ MRAM:

Chữ RAM có nghĩa là bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên (Random Access Memory) nghĩa là bộ nhớ mà tuỳ ý ta muốn đọc chỗ nào cũng được, khác với bộ nhớ phải đọc theo thứ tự trước sau. Mỗi bộ nhớ luôn bao gồm các phần tử nhớ, ghi lại được hai trạng thái và đọc lại được trạng thái nào đã ghi.

Yêu cầu cho bộ nhớ là:

- Ghi được, đọc được
- Ghi được nhiều
- Ghi nhanh, đọc nhanh
- Xoá được và ghi đi ghi lại được nhiều lần
- Ghi giữ được lâu không cần phải nuôi
- Giá thành rẻ

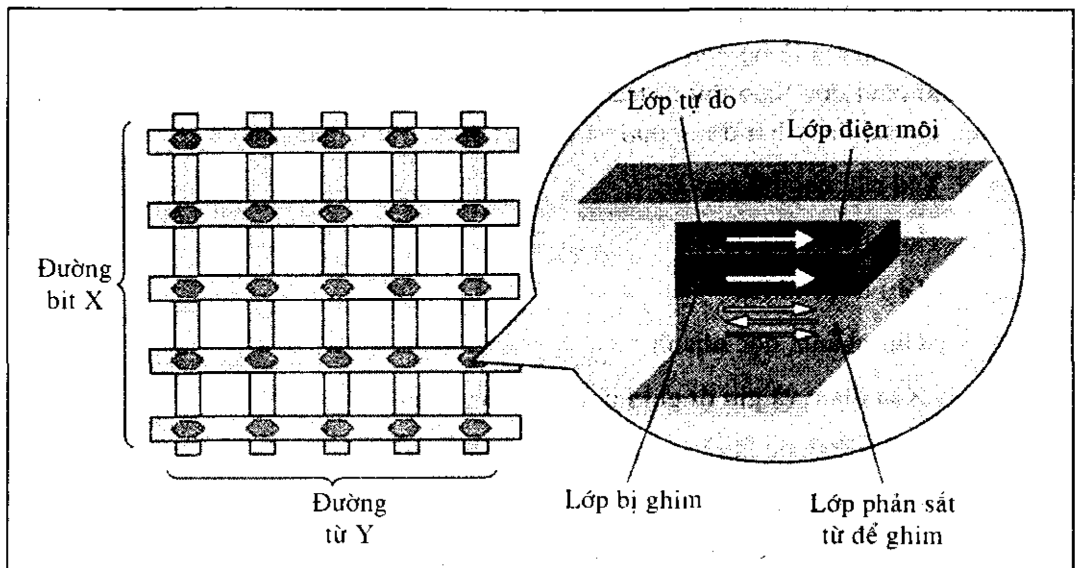
Hiện nay đã có rất nhiều cách ghi, cách đọc được dùng phổ biến nhưng không có cách nào đáp ứng được đầy đủ các yêu cầu nêu trên.

Bộ nhớ trên cơ sở spin điện tử học viết tắt là MRAM đáp ứng được nhiều yêu cầu nhất, người ta tin tưởng rằng nay mai nó sẽ lên ngôi.

Cấu tạo của bộ nhớ vẽ sơ lược ở hình 7.18 mỗi ô nhớ là một van spin làm việc theo kiểu tiếp xúc tunen từ, có hai trạng thái đóng mở tuỳ theo vectơ từ độ ở lớp tự do cùng chiều hay khác chiều với vectơ từ độ của lớp từ bị ghim.

Trên và dưới của các ô nhớ có các đường dẫn điện song song theo X và theo Y mỗi ô nhớ ứng với một cặp tọa độ XY. Để ghi người ta cho xung dòng điện đồng thời qua X và qua Y, ở chỗ gặp nhau (trên và dưới) của ô nhớ

chúng gây ra một từ trường tổng cộng làm cho vectơ từ độ của lớp tự do của tiếp xúc tunen từ quay song song hoặc phản song song với vectơ từ độ bị ghim ở lớp dưới. Một khi vectơ từ độ của lớp tự do đã quay về bên nào, nó cứ nằm mãi ở bên đó trừ khi chủ động tạo ra xung điện khác để xoá nó và bắt nó quay sang bên khác. Như vậy là đã có thể ghi được và chủ động xoá được bất kỳ ô nhớ nào. Việc đọc về nguyên tắc rất dễ dàng: cho dòng điện qua X về Y. Tuỳ theo điện trở cao hay thấp ta biết được vectơ từ độ của lớp tự do của ô nhớ quay về phía nào. Như vậy là qua đo điện trở ta đọc được trạng thái đã ghi.



Hình 7.18: **Cấu tạo của MRAM và một ô nhớ của MRAM**

Hãng Motorola công bố vào năm 2002 rằng đã làm được MRAM dung lượng 1Mb cứ mỗi ô nhớ có một tranzito và một MTJ. Chip MRAM này được bố trí có 64Kb x 12 cấu hình và tranzito CMOS kích thước 0,6μm cho mỗi ô nhớ. Đọc hay ghi chỉ cần 50ns (nanô giây).

MRAM là bộ nhớ có nhiều ưu việt, nhớ được nhiều, ghi được nhiều lần, ghi và đọc được nhanh v.v... Đặc biệt nhất đây là bộ nhớ không tự xoá (non volatile), không cần phải làm tươi (refresh) vì như đã nói trên, một khi vectơ từ độ của lớp tự do được xung điện điều khiển cho theo chiều nào thì nó ở mãi

theo chiều trừ phi khi chủ động tạo ra các xung để xoá hoặc để định hướng lại. Vì những lẽ trên người ta dự đoán đây là bộ nhớ nay mai sẽ lên ngôi thống trị.

Tóm lại ta thấy tiếp theo vi điện tử có nhiều hướng để tiến lên nanô điện tử, có nhiều hướng để làm những linh kiện kích thước nhỏ hơn nhưng làm việc theo những nguyên lý khác, thiên về các nguyên lý lượng tử. Từ vi điện tử đến nanô điện tử là một cuộc cách mạng thực sự nhưng diễn biến từ từ và hòa bình, nanô điện tử kế thừa rất nhiều ưu việt của vi điện tử.

Chương 8

CÔNG NGHỆ NANÔ TRONG Y SINH HỌC

8.1. CƠ THỂ SỐNG: TẬP HỢP CÁC CỖ MÁY NANÔ

Từ lâu con người đã thấy được những điều kỳ diệu của tự nhiên, tìm hiểu phân tích những cái hay để bắt chước. Cấu tạo của da cá heo là mẫu mực để làm vỏ tàu lặn chuyển động trong nước nhanh và ít ma sát, bố trí bay theo đội hình chữ V là cách bay xa tiết kiệm năng lượng nhất của đàn chim di cư, cách thiết kế xây tổ rất hợp lý của loài ong v.v...

Từ đây xuất hiện một ngành nghiên cứu rất đa dạng: *phỏng sinh học*.

Nhưng khi đi vào cấu tạo vi mô đến mức nguyên tử, phân tử của sự sống, con người lại càng kinh ngạc: không biết từ bao giờ tự nhiên đã sáng tạo nên ở cơ thể sống vô số các cỗ máy nanô làm việc đêm ngày không mệt mỏi dưới sự điều khiển tự động của những chương trình cài đặt ngầm khắp nơi vừa thống nhất theo trung ương, vừa tăng cường cho địa phương quản lý. Những cỗ máy tí hon đó như những viên gạch tự tạo ra vôi vữa để kết dính, tự nhân bản ra thành hằng hà vô số, tự điều chỉnh hình dạng và chất liệu cho thích hợp, tự sắp xếp liên kết lại để thành tòa lâu đài đẹp đẽ có đời sống phong phú, có những nét giống nhau nhưng vẫn có bản sắc riêng. Có thể bắt chước để làm ra các viên gạch, các cỗ máy tí hon như của tự nhiên hay không? Nói rằng hoàn toàn làm được thì có vẻ như giàu óc tưởng tượng và lạc quan quá. Nhưng nói rằng không thể nào bắt chước được thì cũng có điều vô lý: thực tế trước mắt ta có vô số viên gạch, vô số cỗ máy tí hon đang sôi nổi làm việc. Con người đã biết, đã thao tác đến tận từng nguyên tử, từng phân tử tại sao lại bó tay?

Thực tế đã có ngành nghiên cứu, tạm gọi là *nanô phỏng sinh học* đang tìm hiểu cấu tạo và cơ chế hoạt động điều khiển của tự nhiên sinh học đến kích cỡ nguyên tử, phân tử; lấy của tự nhiên hoặc bắt chước tự nhiên để tạo ra những cỗ máy nanô sáng tạo nhưng điều khiển được nhằm phục vụ lợi ích của con người.

Có một phim khoa học giả tưởng lý thú tên là *"Cuộc du hành kỳ diệu"* (The fantastic voyage). Phim mô tả một đoàn bác sĩ, y tá giỏi với đầy đủ thuốc thang dao kéo dụng cụ khám chữa bệnh, bỗng chốc hoá thân được thành những người tí hon đi vào trong cơ thể, đi dọc theo những mạch máu lớn đến những huyết quản li ti, tới được bất cứ nơi nào trong cơ thể. Gặp những tế bào hư hỏng họ sửa chữa, thấy những tế bào già cỗi họ thay thế, loại bỏ những cái thừa, bổ sung những cái thiếu. Làm như vậy không phải chỉ là chữa bệnh tận gốc mà là cải lão hoàn đồng, thực hiện được nhiều ước mơ của con người về y tế và sức khoẻ.

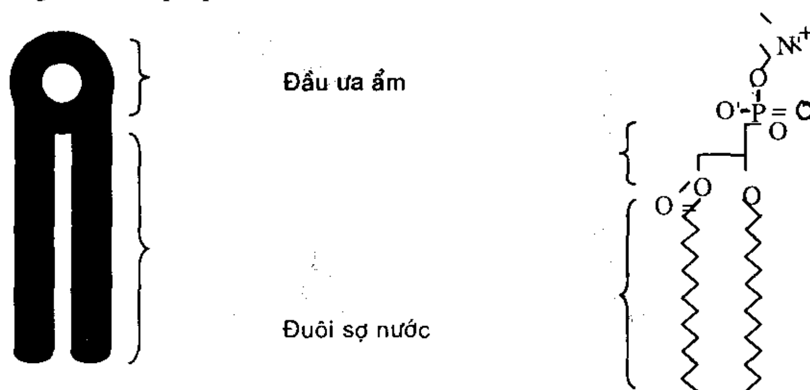
Đã một thời người ta thảo luận công nghệ nanô rồi đây có làm được những việc như đoàn thầy thuốc trong phim "Cuộc du hành kỳ diệu" hay không? Cuộc thảo luận rất sôi nổi nhưng không có kết luận. Ai cũng thấy hiện tại đó là những điều giả tưởng nhưng với sự phát triển kỳ diệu của công nghệ nanô, trong tương lai tại sao lại là không có thể? Và trên thương trường hiện nay đã có bán các loại dược phẩm làm theo công nghệ nanô, cần điều trị bộ phận nào, chỗ nào trong cơ thể thì có thể dẫn thuốc đến và thuốc chỉ đến nơi cần thiết để điều trị. Công nghệ nanô đã góp phần tích cực vào chống khủng bố sinh học bằng cách làm ra các dụng cụ thử nghiệm nhỏ xíu dễ mang theo, nhận biết ngay ở hiện trường là có vi trùng dịch hại hay không. Cách làm là nhanh chóng xác định ADN nghi ngờ, thí dụ xác định có phải đó là ADN của vi trùng bệnh than, bệnh đậu mùa hay không. Công nghệ nanô đã làm ra các cảm biến nhỏ xíu để kiểm tra choresterol trong máu. Các cảm biến y sinh thường làm kết hợp với công nghệ vi điện cơ (MEMS) để làm cả một phòng thí nghiệm trên một con chip bán dẫn (LOC - Lab on chip). Công nghệ nanô đã làm được các loại vải, đem may áo để mặc thì vừa nhẹ nhàng vừa thoáng mát nhưng khi rủi ro cơ thể bị chảy máu thì vải tự động băng bó lại.

Thật ra con người chưa biết hết những kỳ diệu của tự nhiên nhưng vừa tìm hiểu vừa học tập họ đang dùng công nghệ nanô để làm ra những điều kỳ diệu cho đời sống con người.

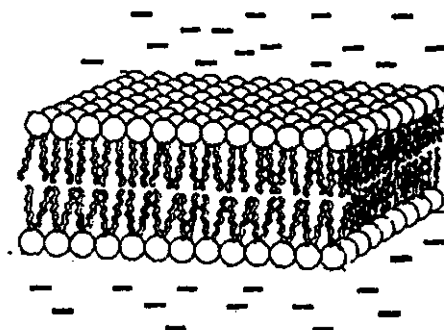
8.2. CHẤT BÉO VÀ CÁC PHẦN TỬ LIPIT TỰ SẮP XẾP

Chất béo ta thường thấy như là dầu mỡ là được hình thành từ những phân tử lipit. Cơ bản đó là những phân tử dài cỡ 2 - 4nm, có đầu có đuôi, tính chất hình dạng rất khác nhau (hình 8.1). Đầu thì tròn có mang điện do phân cực, thường gọi là đầu cực. Đặc điểm của đầu cực là rất *ưa ẩm (hydrophilic), chỗ nào ướt đầu cực có xu hướng chạy đến đó. Cái đuôi thì trái lại khá dài, đó là chuỗi hydrocacbon rất sợ nước (hydrophobic).*

Từ những phân tử lipit đầu tròn đuôi dài này có thể kết nối thêm các phân tử theo nhiều cách để thành những đại phân tử lipit có đuôi dài từ hàng trăm nanomet đến hàng trăm micromet. Cũng có thể ghép nối để tạo ra phân tử lipit (hình 8.2), đầu to đuôi nhỏ; đầu đuôi bằng nhau hoặc đầu nhỏ đuôi to và nhiều hình dạng khác nữa của phân tử lipit. Chúng đều được xếp vào nhóm lưỡng tính (amphiphile) vì đầu luôn luôn ưa ẩm và đuôi luôn luôn sợ nước.

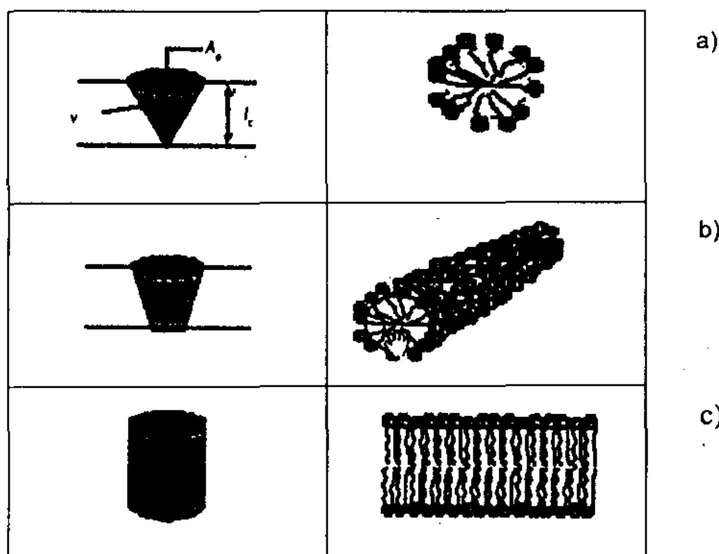


Hình 8.1: **Phân tử lipit có đầu ưa ẩm và đuôi sợ nước**



Hình 8.2: **Các phân tử lipit tự sắp xếp thành màng lipit hai lớp**

Tính chất, hình dạng của các phân tử lipit này rất ảnh hưởng đến cách khi ở trong nước, chúng tự sắp xếp co cụm lại để tạo ra các cụm phân tử có những dạng đặc trưng. Nói chung khi ở trong nước, các đầu ưa ẩm của phân tử lipit xem như hướng về phía có nước còn các đuôi sợ nước thì tìm cách gần gũi co cụm vào nhau để tránh tiếp xúc với nước. Theo xu hướng đó chúng co cụm lại thành từng nhóm có tên chung là *mixen*, hình dạng của mixen rất phụ thuộc vào hình dạng của phân tử lipit (hình 8.3).



Hình 8.3. **Hình dạng phân tử lipit và các mixen**

a) Phân tử đầu to đuôi nhỏ : mixen hình cầu
b) Phân tử đầu vừa đuôi nhỏ : mixen hình trụ
c) Phân tử đầu đuôi bằng nhau : màng hai lớp

Thí dụ phân tử lipit đầu to nhưng chỉ có một đuôi nhỏ, xem như dạng hình nón, dễ tạo ra mixen có hình cầu. Chính các chất tẩy giặt khi hòa vào nước tạo ra các mixen hình cầu này, chúng có vai trò tẩy rửa chất béo. Còn các phân tử lipit đầu to, có hai đuôi, xem như có hình trụ, dễ tạo thành màng hai lớp (hình 8.2). Ở màng này các đầu cực đều hướng ra ngoài, phía có nước, các đuôi song song nhau và đối đầu nhau tránh được tiếp xúc với nước. Màng lipit hai lớp này tuy mỏng nhưng các phân tử tự sắp xếp song song nhau rất khít, khó có nguyên tử (ion) nào lọt qua được. Đây là màng ngăn chặn tốt

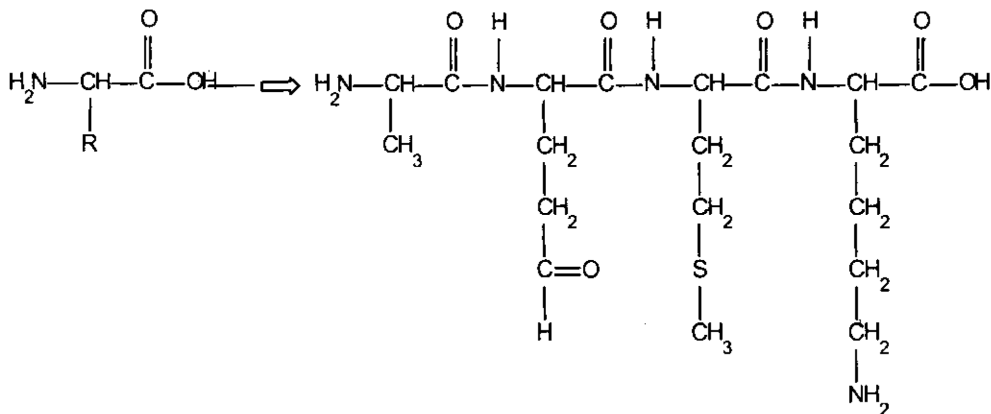
không cho các nguyên tử (các ion) lọt qua. Nếu xét các hạt mang điện là ion thì màng lipit là màng cách điện ion tốt.

Qua việc tìm hiểu các phân tử lipit có trong sinh chất, công nghệ nanô đã học tập và bắt chước được nhiều khác mưu mẹo rất sáng tạo của tự nhiên.

Thí dụ như là mẹo làm từ nhỏ đến to, từ dưới lên trên: tạo ra cho được các viên gạch tức là phân tử lipit với hình dạng tính chất nhất định. Chúng tự động liên kết với nhau, tự động sắp xếp lại để hình thành cả vật liệu khối. Cả một màng hai lớp lớn rất có trật tự đầu đuôi kiểu như một màng mỏng đơn tinh thể là tự hình thành, tự sắp xếp. Đây là một cách làm vật liệu điển hình của công nghệ nanô. Nó khác với cách làm cổ điển từ to đến nhỏ, từ trên xuống dưới, từ một đơn tinh thể lớn cắt bỏ dần chỉ dùng một lớp mỏng đơn tinh thể như ở công nghệ vi điện tử thông thường.

8.3. PROTEIN - CỖ MÁY NANÔ BIẾT THỰC THI NHIỀU NHIỆM VỤ

Trong cơ thể sống có một nhóm polyme có tên là protein thực hiện nhiều chức năng: đóng mở, dịch chuyển, nếm, ngửi, tạo ra năng lượng, biến đổi ánh sáng mặt trời thành đường, biến đổi nitơ thành amoniac để làm tốt đất, chống



Hình 8.4. **Protein cấu tạo từ axit amin nối các nhóm chức R**
a. Axit amin; b. Protein

lại đau đớn bệnh tật v.v... Protein do các axit amin tạo ra và có đến 20 loại axit amin khác nhau liên kết với nhau để tạo thành. Các axit amin về cơ bản chỉ khác nhau ở nhóm chức chuỗi bên ký hiệu R (hình 8.4).

Điều lý thú là trong quá trình tổng hợp các polyme axit amin có thể gập lại tạo ra cấu trúc ba chiều với nhiều hình dạng khác nhau, tạo ra nhiều loại protein.

Các protein hình cầu nói chung có bán kính 2 - 8nm. Có gần 80.000 loại protein trong cơ thể người, mỗi loại làm một hay nhiều nhiệm vụ khác nhau. Có protein làm nhiệm vụ xúc tác, có protein làm nhiệm vụ dẫn ion qua tế bào thần kinh để tạo ra xung điện thần kinh, lại có protein làm nhiệm vụ cảm nhận một loại phân tử nào đó, nếu thấy có thì tìm cách giữ lại để xử lý ...

Công nghệ nanô đang tìm hiểu nguyên lý, cơ cấu và cách hoạt động của từng loại protein để sử dụng, để bắt chước.

Protein ATPase - Một loại động cơ nanô. Ở tế bào có nhiều protein có tên là ATPase, có thể xem đó là các tuabin nanô làm nhiệm vụ cung cấp năng lượng cho tế bào. Các tuabin nanô này được bao bọc bởi các màng lipit, giống như tuabin nhà máy thủy điện được bao bọc bởi tường cao, và đập chắn nước. Khi một bên của màng lipid có nhiều proton (hạt nhân của nguyên tử H) proton sẽ chạy qua màng lipit và mỗi lần có proton chạy qua như vậy, cánh của tuabin nanô quay một bước và quay như vậy thì ATPase làm cho ADP (adenosin diphosphat) biến đổi thành ATP (adenosin triphosphat). Phân tử ATP chứa nhiều năng lượng hơn, có chức năng điều khiển các quá trình hoá học để nuôi sống tế bào.

ATPase đúng là một động cơ nanô. Nó có đường kính cỡ 12nm và khi không tải nó quay với tốc độ 17 vòng/ giây. Khi có chênh lệch về proton cánh tuabin quay theo chiều kim đồng hồ. Khi không có chênh lệch proton nhưng lại có ATP, phản ứng ngược lại xảy ra và cánh tuabin quay ngược chiều kim đồng hồ.

Các nhà nghiên cứu ở Đại học Cornell (Mỹ) đã tách riêng ra được một ATPase đường kính 12nm, cho nó nằm trên một đế rắn và gắn các hòn bi nhựa cỡ micromet vào các cánh của ATPase. Các nhà nghiên cứu đã điều khiển và quan sát được các hòn bi nhựa quay như là thực sự có một động cơ làm quay vậy. (xem NEMS ở chương 9)

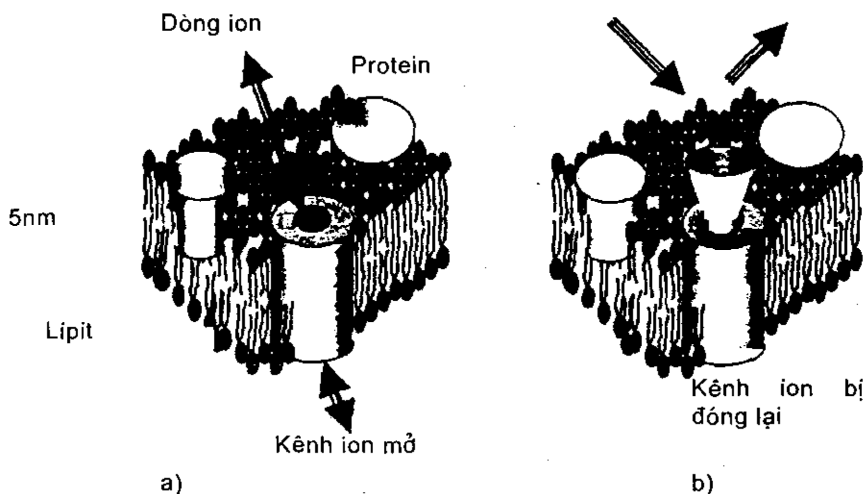
Rõ ràng là dùng của tự nhiên hoặc bắt chước làm một protein như ATPase là có thể làm được động cơ nanô chạy bằng proton.

8.4. DÙNG PROTEIN VÀ LIPIT ĐỂ LÀM CẢM BIẾN NANÔ SINH HỌC

Cho đến nay không có cảm biến nào nhạy bằng cảm biến sinh học có sẵn ở động thực vật Chó đánh hơi có thể ngửi để phát hiện được mùi lạ còn lưu lại trên đường rừng mà trước đấy nhiều giờ tên gian đi qua, bướm có thể nhận ra đồng loại khi chỉ có vài nghìn phân tử mùi trong một mét khối. Chỉ thay đổi thêm một ít hormon trong máu là con người bị kích thích mạnh cảm nhận được rõ ràng v.v...

Nhưng các cảm biến sinh học có cấu tạo và hoạt động như thế nào? Chắc chắn là chúng có kích cỡ nanomet, nhưng phải phân tích tìm hiểu kỹ đến cấu tạo nguyên tử, phân tử của chúng mới biết được.

Ta biết rằng trong sinh học, có rất nhiều loại protein làm nhiệm vụ đóng mở, tức là chuyển mạch trên cơ sở protein. Đơn giản nhất là cái chuyển mạch ion trên màng lipit (hình 8.5). Bản thân màng lipit như ta đã biết là màng cách điện tốt (cách điện ion), các ion như ion natri, ion clo không chui qua màng lipit được.



Hình 8.5: **Kênh ion**
a) Mở cho dòng ion chạy qua   b) Kênh bị đóng lại

Nhưng có những màng lipit có chứa thêm các protein hình ống lại cho phép ion một loại nào đó chui qua, vì ống đó là một kênh dẫn ion. Hơn nữa miệng các ống của protein này có tính chất hút một vài loại phân tử nhất định. Lúc bị hút, phân tử sẽ đậy kín miệng ống lại, kênh dẫn ion bị đóng. Như vậy màng lipit có thêm các protein này là một màng có kênh dẫn ion đóng mở được, đó là một cái chuyển mạch ion.

Thực tế trong tự nhiên có các protein là kênh ion, lúc mở có khả năng cho đến hàng triệu ion đi qua trong một giây ứng với dòng điện cỡ từ picoampe đến nanoampe (10^{-12} - 10^{-9} ampe). Kỹ thuật đo lường ngày nay dễ dàng đo được dòng điện nhỏ như thế. Nhờ vậy qua việc đo dòng điện ion qua màng, ta dễ dàng xác định lúc nào kênh ion mở (có dòng điện, miệng ống hở) lúc nào kênh ion đóng (không có dòng điện - miệng ống bị phân tử đậy kín). Như vậy qua việc đo dòng ion qua màng ta có thể xác định miệng ống của kênh ion có bị đậy lại hay không với độ chính xác đến từng phân tử.

Công nghệ nanô đã lợi dụng cơ chế đóng mở kênh ion này để làm cảm biến. Ở đây phải giải quyết các vấn đề:

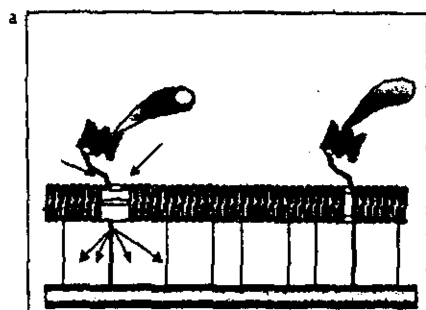
- Làm thế nào tạo ra được cơ chế cảm nhận có chọn lọc và rất nhạy. Thí dụ cần làm cảm biến để đo hormon trong máu thì làm thế nào để hễ có hormon thì kênh dẫn ion bị đóng lại. Ta sẽ biết được khi nào kênh bị đóng vì dòng ion đang từ giá trị cao tụt xuống bằng không. Chú ý là ngoài điện cực, phải tạo ra bình chứa ion thì mới có dòng ion liên tục để đo được.

- Làm thế nào để cảm biến nhỏ nhưng dễ thao tác ở hiện trường chứ không phải cồng kềnh phức tạp chỉ có thể làm ở trong phòng thí nghiệm.

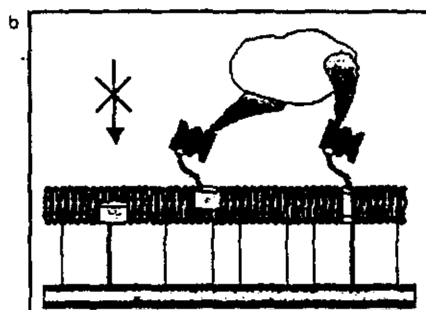
Để thấy các cách giải quyết cụ thể, ta xét cấu tạo và cách làm cảm biến để phát hiện hormon trong máu.

Trước hết người ta thấy rằng trong tự nhiên có một loại protein ở vi khuẩn tên là gramicidin có ống dẫn ion tốt. Cấu tạo của ống này là hai nửa ống ghép lại với nhau ở giữa bằng lực liên kết hydrô tương đối yếu. Vì vậy dễ tách cho hai nửa ống rời nhau, nhưng khi hai nửa ống rời nhau xích lại gần nhau chúng có thể tự động nối lại. Vì lực liên kết hai nửa ống yếu nên khi nối lại với nhau, hai nửa ống chỉ thẳng hàng được một thời gian ngắn, cỡ 0,1 đến 1 giây. Do dao động nhiệt chúng lại có thể tách nhau ra thành hai nửa rồi sau một thời gian lại nối với nhau. Chiều dài của mỗi ống của kênh dẫn ion vào cỡ 4nm, tức là nửa ống dài cỡ 2nm.

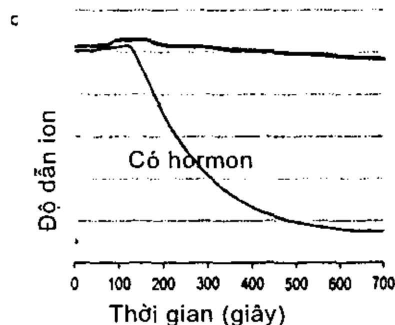
a



b



c



Hình 8.6: **Cảm biến trên cơ sở kênh ion**

a) Màng lipit được gắn với đế vàng nhờ các phân tử dạng sợi dài 4nm. Giữa màng lipit và đế vàng là bình chứa. Các kênh ion là phân tử gramicidin có dạng hai nửa ống, lúc thẳng hàng cho ion đi qua. Nửa ống ở lớp dưới của màng được cố định với đế. Các nửa ống ở lớp trên được gắn với phân tử cảm nhận. Nửa ống ở lớp trên có thể di chuyển trong lớp đó, lúc nào thẳng hàng với nửa ống lớp dưới là cho ion chạy qua. Các phân tử cảm thụ khác được gắn chặt với đế. Bình thường có dòng điện vì các kênh ion có mở.

b) Khi có hormon, các phân tử cảm thụbám vào hormon nên các nửa ống ở lớp trên bị giữ lại không còn cơ hội thẳng hàng với các nửa ống cố định ở nửa dưới - kênh ion bị đóng.

c) Dòng điện ion đo được gần triệt tiêu khi có hormon.

Màng lipit hai lớp cũng có chiều dày cỡ 4 nm, tức là bề dày của một lớp cũng vào khoảng 2nm, đúng bằng chiều dài của nửa ống kênh dẫn ion ở gramicidin. Người ta cấy thêm các gramicidin vào màng hai lớp lipit. Sau khi cấy vào màng lipit, do dao động nhiệt, các ống dẫn ion dễ tách ra làm hai, các nửa ống dễ dịch chuyển theo kiểu khuếch tán ở trong từng lớp của màng lipit - Xét riêng ra thì cứ mỗi lần hai nửa ống ở hai lớp thẳng hàng nhau, lúc đó

ion mới chạy qua được, kênh dẫn ion thông. Việc thông kênh này chỉ được một lát, cỡ từ 0,1 đến 1 giây, sau đó do khuếch tán nhiệt hai nửa ống lại tách ra v.v...

Vậy ở màng lipit có hai lớp chứa các nửa ống như trên có sự đóng mở ngẫu nhiên của các kênh dẫn ion. Nhưng phải **điều khiển được sự đóng mở** đó mới dùng màng lipit làm cảm biến được.

Các nhà công nghệ nanô phải làm thêm nhiều mưu mẹo, có thể tóm tắt như sau (hình 8.6).

- Dùng lá vàng làm điện cực và dùng các phân tử hình sợi dài cỡ 4nm gắn tất cả các nửa ống dẫn ion ở lớp dưới với lá vàng. Cũng dùng những phân tử hình sợi gắn lớp dưới của màng lipit với bề mặt lá vàng. Như vậy giữa lớp dưới của màng lipid và lá vàng có một khoảng cách cỡ 4nm, đó sẽ là bình chứa ion.

- Người ta gắn các protein đặc biệt gọi là **cảm thụ (receptor) với các nửa** ống dẫn ion còn cơ động ở lớp trên của màng lipit. Đồng thời có các protein cảm thụ được gắn chặt với màng lipit không chuyển động được nhờ các phân tử lipit đặc biệt xuyên qua màng bám vào tận đế.

Thường dùng các kháng thể (antibody) để làm protein cảm nhận. Ta biết rằng khi có yếu tố gây hại như vi trùng, độc tố vào cơ thể, cơ thể cho ra các kháng thể để thăm dò, nhằm đối phó, chống cự. Mỗi loại kháng thể cảm nhận được một số yếu tố lạ nhất định, nếu thấy có sẽ bám vào đấy để báo hiệu cho cơ thể biết. Thí dụ trong trường hợp có vật lạ là hormon trong máu, kháng thể ứng với hormon sẽ bám chặt vào đấy. Vì vậy gắn kháng thể này vào đâu thì khi có hormon, hormon bị bám chặt vào đấy. Cơ chế hoạt động của cái cảm biến hormon như sau:

Cảm biến được đặt trong dung dịch, thí dụ máu. Nếu trong máu không có hormon (hình 8.6a), các nửa ống ở lớp trên của màng lipit tuy có dính với protein cảm thụ, vẫn dịch chuyển được trong lớp đó và khi dịch chuyển có lúc thẳng hàng với nửa ống cố định ở lớp dưới của màng lipit. Như vậy xét chung màng lipit vẫn cho ion qua được, máy đo nối với các điện cực chỉ thị là có dòng điện (ion). Khi trong máu có hormon (hình 8.6b) một mặt hormon bị bám giữ bởi protein cảm thụ cố định (gắn với đế vàng) một mặt bị bám giữ bởi protein cảm thụ gắn với các nửa ống cơ động.

Kết quả là các nửa ống cơ động này cũng bị cố định ở những vị trí nhất định, không còn cơ hội thẳng hàng với các nửa ống ở lớp dưới nữa. Tất cả các kênh dẫn ion có ở màng lipit đều bị khoá lại, dòng điện qua màng lipit đo được gần bằng không (hình 8.6c).

Cảm biến làm việc theo cách này rất nhạy vì chỉ cần có một hormon là một kênh ion bị khoá lại, số ion chạy qua màng từ lưu lượng hàng triệu ion trong một giây đã bị giảm xuống gần như đến không.

Cấu tạo cảm biến mô tả như trên có vẻ quá phức tạp, quá tinh vi. Nhưng thực ra để chế tạo không phải người ta làm các công việc như sắp đặt các phân tử lipit để có màng hai lớp, nối ghép từng protein dẫn ion, từng protein cảm nhận v.v... Cũng bắt chước tự nhiên người ta chỉ tạo điều kiện cho các nguyên tử, phân tử tự lắp ráp lại theo những trình tự nhất định để cuối cùng có được cấu tạo toàn bộ của cảm biến mong muốn. Công nghệ nanô rất cao cường ở chỗ thực hiện nhiều thao tác cực kỳ tinh vi phức tạp một cách đơn giản nhanh chóng vì hàng triệu, hàng tỉ nguyên tử, phân tử tự mình sắp xếp.

8.5. ADN - THÔNG TIN DI TRUYỀN VÀ KEO DÁN THÔNG MINH

ADN là ký hiệu gọn của axit deoxyribonucleic, một loại đại phân tử của sinh chất. So với lipit hoặc protein, ADN không phải là quá phức tạp về mặt cấu trúc hoá học nhưng có vai trò cực kỳ quan trọng vì chứa thông tin di truyền.

ADN thường được vẽ ra thành chuỗi xoắn kép có các mối nối ngang cách đều nhau (hình 8.7). Nếu tách dọc chuỗi xoắn kép ra ta có được hai chuỗi xoắn đơn, mỗi chuỗi có một dãy các nửa mối nối ngang. Hình dung chuỗi xoắn kép là một cái thang xoắn thì khi tách đôi ra mỗi nửa là một thanh xoắn có các nửa bậc thang. Mỗi thanh xoắn như vậy là một dãy phân tử đường nối với phân tử phosphat rồi lại nối với phân tử đường... Các nửa bậc thang nối với thanh xoắn ở chỗ có phần tử đường. Mỗi nửa bậc thang là một trong bốn nhóm có tên là adenine, guanine, cytosine và thymine, viết tắt là A, G, C, và T. Trật tự A, G, C và T dọc theo thanh xoắn là do di truyền quyết định và đó là thông tin di truyền ẩn chứa trong ADN.

Điều kỳ lạ và lý thú là các bậc thang nối giữa hai thanh xoắn là do các

nửa bậc thang A, G, C, T ghép lại từng đôi một nhưng A chỉ có thể nối với T (và ngược lại T nối với A) cũng như G chỉ nối với C (và ngược lại C nối với G). Từ đây rút ra hai điều quan trọng:

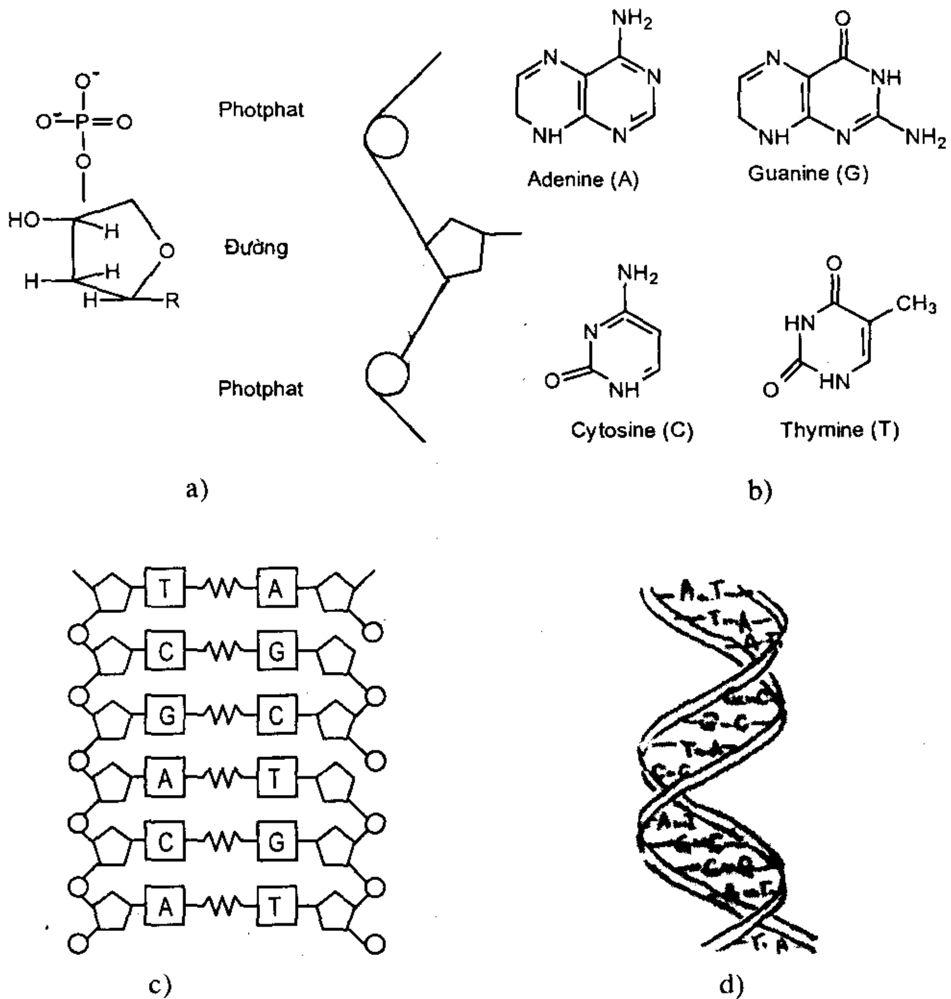
- Nếu hai thanh xoắn là từ một chuỗi xoắn kép tách ra thì khi biết được trật tự của các nửa bậc thang ở một thanh xoắn sẽ suy ra ngay được trật tự các nửa bậc thang ở thanh xoắn kia. Người ta nói rằng trật tự A, G, C, T ở hai thanh xoắn của một chuỗi xoắn kép là phù hợp nhau hay là bổ sung cho nhau.

- Nếu hai thanh xoắn có các nửa bậc thang A, G, C, T sắp xếp theo thứ tự phù hợp nhau thì khi lại gần các nửa bậc thang nối với nhau theo quy tắc A-T, G-C hai thanh xoắn này kết dính lại với nhau thành chuỗi xoắn kép. Nếu thứ tự ở hai thanh xoắn không phù hợp nhau, không bao giờ chúng dính lại với nhau.

Có thể nói các thanh xoắn của ADN tạo ra một thứ keo dán thông minh. Nếu "bôi" các thanh xoắn ADN phù hợp vào các vật thì khi lại gần các vật bị "dán" lại - Nếu "bôi" vào hai vật cùng một loại thanh xoắn hoặc hai loại thanh xoắn không phù hợp, không bao giờ hai vật dán lại được với nhau.

Cấu trúc của ADN và bí ẩn của thông tin di truyền chứa trong đó được tìm ra vào năm 1952 (giải Nobel về sinh học) và đó là một trong những phát hiện lớn nhất về sự sống ở thế kỷ 20. Từ đó đến nay việc nghiên cứu liên tục phát triển. Kích thước ADN chiều ngang vào cỡ nanomet còn chiều dài có thể rất dài. Trước đây chỉ phân tích được cấu trúc ADN nhờ phương pháp gián tiếp là nhiễu xạ tia X. Ngày nay có nhiều loại kính hiển vi nhìn rõ được hình dạng của ADN, thấy được các nguyên tử trên đó. Nhờ kính hiển vi quét đầu dò (SPM - Scanning Probe Microscope) cũng như các thao tác tinh vi hiện đại, người ta tách được từng chuỗi xoắn kép ra thành hai chuỗi xoắn đơn, đo được lực tương tác của từng loại mối liên kết A - T, G - C v.v...

Dùng các phương pháp hoá sinh, người ta dễ dàng từ một số ít chuỗi xoắn kép ADN nhân lên thành rất nhiều chuỗi xoắn kép giống hệt nhau, từ một số lượng lớn chuỗi xoắn kép, nhanh chóng tách ra thành các chuỗi xoắn đơn, đính các chuỗi xoắn đơn này vào diện tích này, đính các chuỗi xoắn đơn kia vào diện tích kia v.v... Có thể nói rằng ở công nghệ nanô đối với ADN ít khi thực sự thao tác lấy ra đặt vào từng nguyên tử, phân tử mà chủ yếu là làm cho các nguyên tử, phân tử tự mình tìm đến, tự sắp xếp để tạo nên các cấu trúc mong muốn.



Hình 8.1: **Chuỗi xoắn kép ADN**

a) Chuỗi xoắn kép ADN gồm hai chuỗi xoắn đơn. Mỗi chuỗi xoắn đơn là một chuỗi các phân tử phosphat nối với phân tử đường rồi nối với phân tử phosphat ...

b) Chuỗi xoắn đơn có các nhóm nối ngang A, C, G, T ở phân tử đường của chuỗi.

c) Các nhóm nối ngang A, C, G, T của các chuỗi xoắn đơn nối với nhau tạo ra chuỗi xoắn kép. A chỉ nối với T, C chỉ nối với G.

d) Thường vẽ ADN dạng cái thang xoắn, các bậc thang là A-T, C-G hoặc T-A, G-C.

8.6. MÁY TÍNH ADN - NHIỀU HỨA HẸN NHƯNG CÒN CHỜ ĐỢI LÂU

Cơ thể sống luôn luôn có máy tính mạnh hơn, nhanh hơn, gọn gàng hơn rất nhiều lần so với bất cứ máy tính hiện đại nào do con người làm ra. Cứ nghĩ đến chức năng của máy tính này mới thấy khả năng siêu việt như thế nào: theo những lệnh ghi ở mã di truyền, máy tính của cơ thể điều khiển để từ phôi thai, các tế bào lớn lên, nhân lên lắp ghép lại, từ các nguyên tử phân tử có trong thức ăn, nước uống, khí thở ... tổng hợp lại tạo ra cực kỳ nhiều kiểu cấu trúc khác nhau rất hài hòa với nhau, làm thành các bộ phận của cơ thể sống. Cấu tạo của máy tính này không cứng nhắc, có bộ xử lý trung tâm nhưng cũng có vô số bộ xử lý ở rải rác, vừa theo lệnh của trung tâm vừa tự mình xử lý theo quy định, chỗ nào bị hỏng thì lập tức tạm bỏ để đi vòng làm việc với chỗ khác, không bao giờ ngừng hoạt động (trừ khi cơ thể đã chết!).

Tuy đã dày công nghiên cứu nhưng con người còn hiểu biết rất ít về những chiếc máy tính tự lắp ráp của tự nhiên này.

Về mặt lý thuyết người ta đang nghiên cứu không dùng cách tính số nhị phân 0 và 1 nữa mà dùng cách mã hoá theo thứ tự sắp xếp A C G T như ở ADN, mỗi ký tự là một bộ ba ACG, TGC, ... chẳng hạn.

Lý thuyết cho thấy có rất nhiều khả năng nhưng thực tiễn chưa làm gì được mấy. Cách đây gần 10 năm đã làm được một máy tính ADN đơn giản về thuật toán (nhưng rất luộm thuộm về cơ cấu) giải được bài tính người đưa thư: có 7 thành phố làm sao người đưa thư tìm được con đường hợp lý nhất để đi từ thành phố A đến thành phố B mà chỉ ghé qua mỗi thành phố còn lại một lần.

Gần đây đã làm được máy tính ADN giải quyết được bài toán logic về con chó (những yêu cầu đặt ra để một con chó phải thỏa mãn). Nếu theo máy tính thông thường phải thực hiện 1,6 triệu bước nhưng với máy tính ADN chỉ cần 91 bước. Nhiều khả năng kỳ diệu của máy tính ADN đã hé mở nhưng không ít khó khăn về nguyên tắc chưa vượt qua được. Máy tính ADN vẫn đang thuộc về tương lai.

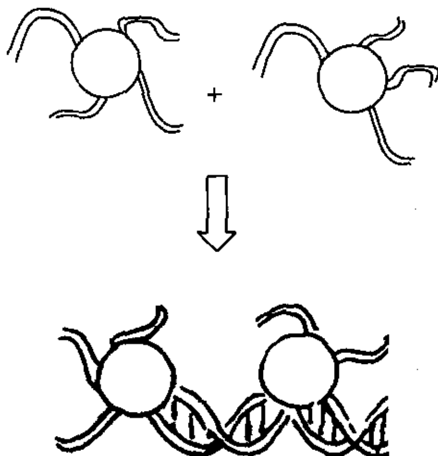
8.7. ADN VÀ CHỐNG KHỦNG BỐ SINH HỌC

Một vấn đề đặt ra trong tình hình thế giới hiện nay là nếu có khủng bố sinh học, thí dụ bọn khủng bố cho lây lan vi trùng bệnh than, bệnh đậu mùa

thì làm thế nào phát hiện được nhanh để kịp thời đối phó.

Công nghệ nanô đã đưa ra một số phương pháp, nói đúng hơn là một số dụng cụ kiểm tra rất nhỏ gọn để phát hiện vi trùng dựa vào đặc điểm ADN là keo dán thông minh. Nguyên tắc như sau:

Ta biết rằng ADN của mỗi loại vi trùng là vân tay để nhận biết được vi trùng đó. Đặc trưng của vân tay này là các thứ tự A, T, G, C ở chuỗi xoắn kép. Vì vậy muốn kiểm tra có vi trùng của một số bệnh lây lan nào đó hay không, người ta lấy ADN của các loại vi trùng đó, tách các chuỗi xoắn của chúng ra thành các chuỗi xoắn đơn và đính ở đầu mỗi chuỗi xoắn đơn đó một hạt vàng (hình 8.8).



Hình 8.8: **Đính các nhánh đơn ADN vào các hạt vàng**

Nếu các nhánh đơn phù hợp chúng sẽ dính nhau tạo thành chuỗi xoắn kép. Các hạt vàng cụm lại từng đôi một. Màu sắc dung dịch thay đổi.

Mỗi loại chuỗi xoắn đơn ứng với một loại kích thước của hạt vàng, nói chung vào cỡ nanomet. (Việc tách các chuỗi xoắn kép ra thành các chuỗi xoắn đơn cũng như việc đính các hạt vàng là làm theo các phương pháp hoá sinh, nhanh chóng chứ không phải thao tác riêng lẻ). Khi cho các chuỗi xoắn đơn có đính hạt vàng này vào dung dịch trong ống nghiệm, các chuỗi xoắn đơn chuyển động rời rạc với nhau, các hạt vàng cũng phân bố đều trong dung dịch. Nhìn vào ống nghiệm đựng dung dịch ta thấy dung dịch có màu nâu hồng*. Giả sử có mẫu vật nghi là chứa vi trùng bệnh than để gây bệnh. Bằng

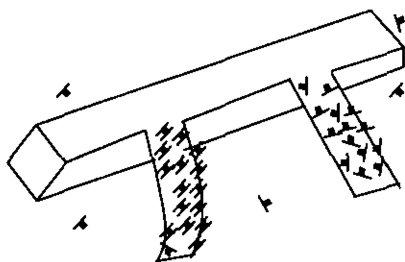
* Màu sắc phụ thuộc kích thước và mật độ các hạt vàng.

các phương pháp hoá sinh gọn nhẹ người ta lấy ADN ở mẫu này, tách ra thành các chuỗi đơn, đính các hạt vàng nanô vào đầu chuỗi rồi đổ vào ống nghiệm. Nếu có vi trùng bệnh than thật thì các chuỗi xoắn kép đơn mới đổ vào ống nghiệm sẽ kết hợp ngay với các chuỗi xoắn kép đơn ứng với vi trùng bệnh than đã có sẵn trong dung dịch. Các chuỗi xoắn kép đơn phù hợp nhau này sẽ kết dính lại tạo ra các chuỗi xoắn kép. Lúc đó các hạt vàng gắn vào chuỗi sẽ gần khít nhau từng đôi một. Do đặc điểm tán xạ ánh sáng phụ thuộc vào kích thước hạt nên lúc các hạt vàng rời rạc dung dịch trong ống nghiệm có màu nâu hồng, bây giờ có các hạt vàng kết liền nhau từng đôi một lớn gần gấp đôi, dung dịch trở nên có màu xanh.

Như vậy quan sát thay đổi màu sắc của ống nghiệm, dễ dàng xác định ở mẫu có hay không có loại vi trùng lây lan mà ta quan tâm. Việc này rất cần thiết cho việc xác định nhanh ở hiện trường.

Cân ADN

Cũng theo nguyên tắc của keo dán thông minh ADN, hãng IBM đã làm ra cái cân ADN để nhận diện, xác định ADN.



Hình 8.9 : **Cân ADN**

Ở mỗi lá đàn hồi có gắn một loạt nhánh đơn của ADN biết trước.
Nếu trong dung dịch có những nhánh đơn ADN loại đó, do phù hợp chúng dính lại từng đôi thành các chuỗi xoắn kép. Lá đàn hồi do nặng nên cong xuống (Vẽ tượng trưng ⊥ nhánh đơn, ⌶ hai nhánh đơn phù hợp dính lại thành chuỗi xoắn kép).

Gọi là cân nhưng thực sự nhỏ xíu, nhìn qua kính hiển vi mới thấy được chi tiết. Cân có nhiều lá mỏng đàn hồi (hình 8.9) gắn trên một thanh cứng. Trên mỗi lá người ta đính một loạt nhánh của ADN cùng loại đã biết trước tức là cùng có trật tự A, G, C, T như nhau. Toàn bộ cân được đặt trong dung dịch. Khi cho vào dung dịch các nhánh của ADN cần xác định, nếu có những nhánh

phù hợp với trật tự AGCT của các nhánh đính ở lá mỏng đàn hồi, chúng sẽ kết dính vào đấy để thành những chuỗi xoắn kép. Lá đàn hồi có các nhánh ADN bám vào sẽ nặng hơn, cong xuống. Kỹ thuật vi điện cơ (MEMS - Micro mecanical electrical system) cho phép làm nhiều lá đàn hồi nhỏ xíu vào cỡ micromet trên một tấm silic và làm được các hệ quang học cực kỳ tinh vi cho thấy lá đàn hồi nào bị cong vì nặng do có thân các nhánh ADN bám vào, nhờ đó biết ngay được ADN thuộc loại gì.

8.8. HẠT TỪ NANÔ, KẺ DẪN ĐƯỜNG CHỈ ĐIỂM LỢI HẠI TRONG Y SINH

8.8.1. SỬ DỤNG HẠT TỪ NANÔ ĐỂ TÁCH TỪ

Cách dùng từ trường để tách riêng các hạt có từ tính đã được biết đến từ lâu: tuyển từ để làm giàu quặng, dùng từ trường loại bỏ tạp chất có sắt trong đất sét trắng để sau khi nung gốm sứ không bị vàng v.v... Nhưng cho đến những năm 1970, trong y sinh mới phát triển kỹ thuật tách từ (magnetic separation). Đơn giản nhất là dùng từ trường để tách một số tế bào mà bản thân chúng có từ tính: tế bào hồng cầu (có oxyt sắt), tế bào của một số loài khuẩn có chứa hạt từ (ở loài khuẩn biết định hướng theo từ trường quả đất) v.v...

Nhưng đa dạng hơn cả là cách dùng các hạt từ để đánh dấu một loài tế bào cần quan tâm nào đó, thường gọi là tế bào đích. Đánh dấu ở đây có nghĩa là thêm thất các chất vào bề mặt các hạt từ sao cho khi trộn các hạt từ vào trong chất lỏng chứa nhiều loại tế bào các hạt từ sẽ tự động chọn lựa bám vào tế bào đích. Dùng từ trường có thể tách riêng các hạt từ cùng với tế bào đích bám vào đấy. Tiếp tục tách tế bào đích ra khỏi các hạt từ ta lấy riêng được tế bào đích.

Từ tính và kích thước của các hạt từ có vai trò quan trọng trong kỹ thuật tách từ. Hạt từ to dễ có từ tính mạnh, dễ dùng từ trường để lôi kéo, phân tách riêng ra. Nhưng hạt to thì kém linh động so với hạt nhỏ, ngoài ra khi đi vào cơ thể, thí dụ đi vào máu các hạt to dễ lấp các huyết quản li ti. Hơn nữa nếu xét cùng thể tích thì khi hạt to, tổng diện tích mặt ngoài nhỏ hơn so với trường hợp hạt nhỏ. Trong kỹ thuật tách từ, nếu hạt từ linh động tốt trong chất lỏng đồng thời diện tích mặt ngoài tổng cộng của các hạt từ càng lớn thì sẽ có

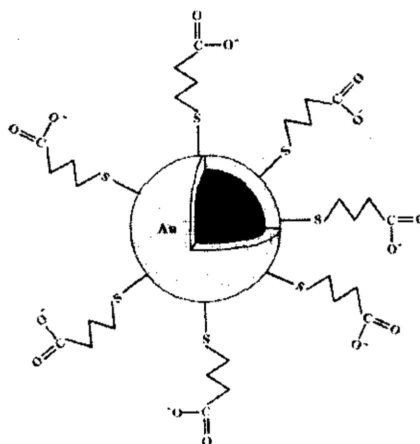
càng nhiều tế bào đích bám vào các hạt, nhờ đó hiệu quả tách từ sẽ cao. Vì vậy trong tách từ hạt càng nhỏ càng có lợi thế với điều kiện là nhỏ nhưng từ tính vẫn đủ mạnh.

Trước đây trong việc tách từ dùng cho y sinh, người ta thường dùng hạt oxyt sắt (Fe_2O_3 cũng như Fe_3O_4) kích thước hạt cỡ micromet nhưng to nhỏ không đều, khó khống chế.

Với công nghệ nanô, có thể chế tạo được các hạt từ đều đặn, kích thước nhỏ hơn, tùy trường hợp có thể chọn một kích cỡ nào đó thường là trong phạm vi từ 300nm đến 10nm. Ôxyt sắt vẫn có nhiều ưu điểm vì tương thích với cơ thể sống.

Ở phạm vi này các hạt oxyt sắt là siêu thuận từ khi có từ trường ngoài các hạt bị từ hoá mạnh dễ phân tách nhưng khi không có từ trường ngoài các hạt không có từ dư đáng kể, không vón cục.

Các hạt từ được bọc bởi một lớp rất mỏng chất thích nghi sinh học có dạng như những viên bi cực nhỏ. Các viên bi này được chức năng hoá nghĩa là được xử lý hoá sinh bề mặt sao cho viên bi có xu hướng liên kết với một loại tế bào đích nào đó, thí dụ tế bào ung thư.



Hình 8.10: **Hạt nanô oxyt sắt phủ vàng kết dính với các nhóm chức nhờ liên kết Au - S**

Theo nguyên tắc trên, đã có nhiều cách làm hạt từ nanô dùng cho mục đích đánh dấu trong y sinh, và hiện nay đã có bán rộng rãi trên thị trường. Sau đây là một kiểu hạt từ nanô để đánh dấu thuộc loại mới nhất và tối ưu (hình 8.10).

Bản thân hạt từ là oxyt sắt Fe_3O_4. Quanh hạt oxyt này có một lớp vàng mỏng với hai tác dụng: một là bảo vệ cho hạt Fe_3O_4 khỏi bị thoái hoá khi nằm trong môi trường ướt, đồng thời vàng thích nghi sinh học với cơ thể sống. Một đặc điểm nữa là vàng rất có ái lực với lưu huỳnh nên nếu cho các hạt từ bọc

vàng vào dung dịch có chứa các phân tử thiol là loại phân tử chuỗi dài một đầu có lưu huỳnh thì đầu lưu huỳnh của thiol sẽ bám vào vàng (liên kết cộng hoá trị Au - S). Còn đầu kia là một gốc hữu cơ dễ dàng xử lý để tạo nên liên kết với một loại tế bào đích hoặc phân tử đích nào đó.

8.8.2. HẠT NANÔ TỪ LÀM TĂNG TƯƠNG PHẢN Ở ẢNH CỘNG HƯỞNG TỪ HẠT NHÂN

Trong phương pháp chụp ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân (MRI), bộ phận của cơ thể cần chụp (đầu, ngực...) được đưa vào nơi có từ trường cao (cỡ vài Tesla, do cuộn dây siêu dẫn tạo nên). Từ trường cao làm cho momen từ hạt nhân của các nguyên tử quay đảo (chuyển động Larmor) quanh phương từ trường với tần số phụ thuộc vào momen từ của nguyên tử và cường độ từ trường, thường vào cỡ tần số radiô. Nếu lại cho thêm sóng điện từ (sóng radiô) tác dụng theo phương vuông góc từ trường với tần số đúng bằng tần số quay đảo, có hiện tượng cộng hưởng nên mômen từ của hạt nhân nguyên tử bị quay đảo cực mạnh gần như vuông góc với từ trường. Nếu thôi không tác dụng sóng radiô nữa, momen từ của hạt nhân nguyên tử quay về vị trí quay đảo bình thường. Việc quay của momen từ hạt nhân từ vị trí ứng với cộng hưởng (gần vuông góc với từ trường ngoài) trở về vị trí bình thường (gần song song từ trường ngoài) gọi là sự hồi phục, phụ thuộc rất nhiều vào trạng thái và các nguyên tử ở lân cận hạt nhân. Thí dụ nguyên tử hydrô (có sẵn trong nước) khi ở trong máu hồi phục dễ dàng hơn khi ở trong mỡ. Ở kỹ thuật chụp ảnh cộng hưởng từ hạt nhân người ta tạo ra cộng hưởng ở từng thể tích nhỏ (nhỏ hơn mm^3) của cơ thể rồi theo dõi những tín hiệu liên quan đến sự hồi phục nói trên, từ đó biết được những đặc điểm về cấu trúc trạng thái của thể tích nhỏ đó, thí dụ biết máu ở trong mạch máu, hay bị chảy ra ngoài mô. Quét thể tích nhỏ theo từng lớp, theo dõi các tín hiệu cộng hưởng tương ứng, có thể tạo ra ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân.

Các hạt từ nanô có thể cải thiện nhiều cho việc chụp ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân. Thí dụ để phát hiện ung thư, người ta tìm cách cho các hạt từ tìm đến bám vào gần các tế bào ung thư. Khi có thêm các hạt từ nanô ở vùng nào, tính chất từ của vùng đó thay đổi làm thay đổi đặc điểm cộng hưởng của hạt nhân, tạo ra tương phản ở ảnh. Hiện nay đã có bán các hạt từ cho chụp ảnh cộng hưởng từ hạt nhân có tên là chất tương phản (contrast agents) và phân ra hai loại, loại SPIO (superparamagnetic iron oxide - oxyt sắt siêu thuận từ) kích thước từng hạt lớn hơn 50nm và loại USPIO (ultrasmall

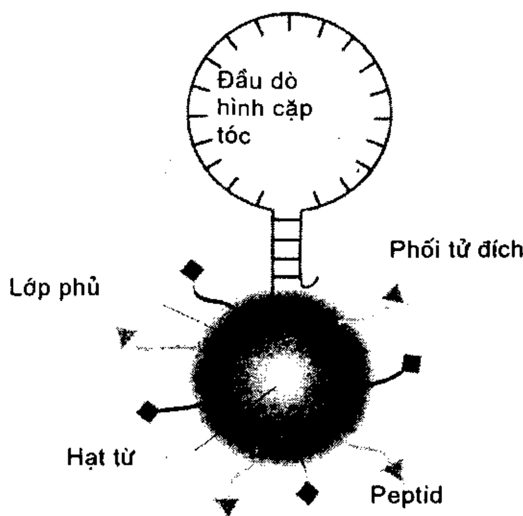
superparamagnetic iron oxide - oxyt sắt siêu thuận từ cực nhỏ) kích thước từng hạt nhỏ hơn 50nm.

Gần đây những nhà nghiên cứu ở phòng thí nghiệm công nghệ sinh học phân tử ở Đại học Kỹ thuật Georgia (Mỹ) đã làm những hạt từ loại USPIO đường kính 5 - 10 nm dùng làm chất tương phản cho chụp ảnh cắt lớp cộng hưởng từ hạt nhân. Theo những nhà nghiên cứu thì nhờ các hạt này, chụp ảnh cộng hưởng từ hạt nhân có thể phát hiện rất sớm ung thư vì khi chỉ có cỡ 10 - 100 tế bào ung thư cụm lại là chụp ảnh đã thấy rõ. Để dễ so sánh ta nhớ rằng khối ung thư nhỏ cỡ 10mm đã có ít nhất là 100 triệu tế bào ung thư.

Cụ thể hạt từ nanô giúp cho việc phát hiện sớm tế bào ung thư nhờ cộng hưởng từ hạt nhân vẽ ở hình 8.11..

Hạt từ đường kính 5 - 10nm được bọc một lớp mỏng chất tương thích sinh học và gắn vào đấy đầu dò. Đó là nucleotid phân tử thấp cấu trúc hình cặp tóc (oligonucleotid hairpin probe). Đặc điểm của nucleotid này có cấu trúc phù hợp với cấu trúc ARNm (ARN thông tin) ở tế bào ung thư, do đó khi lại gần chúng bám dính vào nhau.Vì vậy khi cho vào cơ thể, hạt từ sục sạo khắp nơi chỉ khi bám dính vào tế bào ung thư mới dừng lại. Nơi nào có mặt một ít hạt từ, tín hiệu cộng hưởng từ nơi đó thay đổi đáng kể, nhờ đó ở ảnh cộng hưởng từ hạt nhân nơi mà các tế bào ung thư bắt đầu co cụm lại có độ tương phản rất nổi bật.

Dùng đầu dò nulceotic hình cặp tóc gắn với hạt từ để phát hiện sớm ung thư nhờ chụp ảnh cộng hưởng từ hạt nhân có ưu điểm là không cần phải sinh thiết, chỗ tế bào ung thư co cụm ở sâu trong cơ thể có thể phát hiện được và việc chụp ảnh cộng hưởng từ hạt nhân



Hình 8.11: **Hạt từ nanô dùng cho MRI**

không có gì độc hại. Tuy nhiên máy cộng hưởng từ hạt nhân thuộc loại đắt tiền, cồng kềnh. Nhờ đầu dò kiểu cặp tóc, công nghệ nanô còn tìm ra nhiều cách đơn giản, dã chiến hơn để phát hiện ung thư, bệnh tật (trình bày ở các phần sau).

Hạt oxyt sắt cỡ 5 - 10nm có phủ lớp tương thích sinh học. Đầu dò hình cặp tóc khi bám dính với tế bào ung thư tạo nên từ trường làm cho ở ảnh có tương phản. Thêm peptid và phối tử đích để có thêm một số tác dụng khác.

8.8.3. HẠT TỪ NANÔ DẪN THUỐC

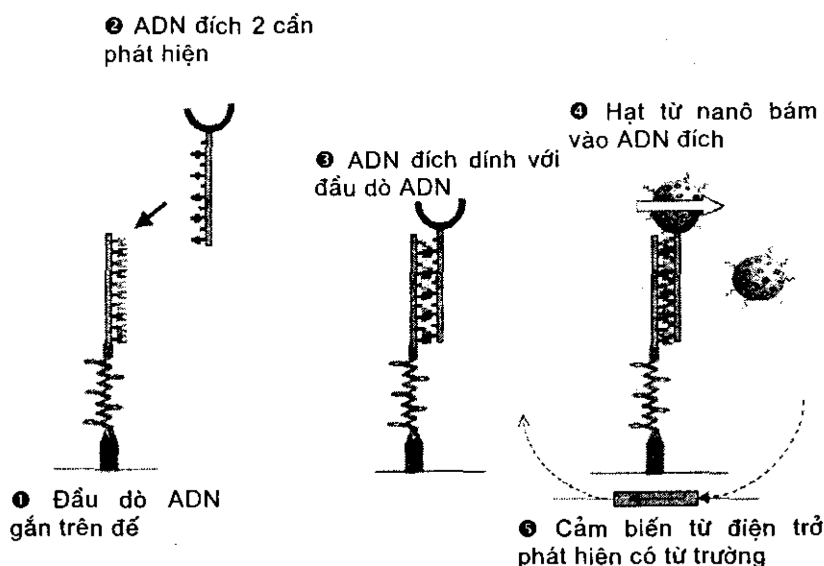
Nguyên tắc dùng hạt từ để dẫn thuốc rất đơn giản như sau: cho các phân tử thuốc chữa bệnh bám dính vào bề mặt của hạt từ và dùng từ trường ngoài (gradien từ trường) để kéo các hạt từ đến bộ phận cần điều trị của cơ thể.

Tuy đơn giản như vậy nhưng lâu nay rất ít được sử dụng. Khi có bệnh phải điều trị bằng thuốc thì hoặc bằng cách tiêm hoặc bằng cách uống, thuốc được đưa đều về khắp các bộ phận của cơ thể trong lúc chỉ có một vài bộ phận là cần thuốc đến để điều trị. Không những hiệu quả thấp so với lượng thuốc đã dùng mà còn hay gây hiệu ứng phụ: chữa được bệnh thận thì bị đau gan v.v... Dùng các hạt từ để đánh dấu thuốc rồi dùng từ trường để dẫn thuốc đến nơi cần, rõ ràng là cách đánh dấu để dẫn đi có hiệu quả tốt. Đặc biệt hiệu quả nhất là đối với người bị ung thư. Nhiều trường hợp bệnh tình phát triển phải chữa bằng hoá trị liệu: phải dùng đến nhiều loại hoá chất độc để giết tế bào ung thư nhưng như vậy khó tránh khỏi làm hại đến các tế bào lành. Đính các hoá chất trị liệu lên bề mặt các hạt từ và dùng từ trường để đẩy hoá chất trực tiếp đến u ác tính là cách điều trị mới hiện nay. Các hạt từ ở đây phải khá nhỏ để dễ dẫn đi, không làm tắt các huyết quản li ti. Hơn nữa các hạt từ thường là dẫn điện nên khi đã dẫn đến nơi cần điều trị, thí dụ u ác tính, người ta có thể dùng sóng điện từ RF chiếu vào để hạt từ bị nóng lên làm cho thuốc vừa rời ra khỏi hạt từ vừa có nhiệt độ cao, đẩy nhanh phản ứng của thuốc tại nơi có u.

8.8.4. HẠT TỪ NANÔ LÀM CẢM BIẾN THÔNG MINH

Có thể làm cảm biến cực nhạy để phát hiện một hay nhiều loại ADN nào đó theo cách vẽ ở hình 8.12 và hình 8.13.

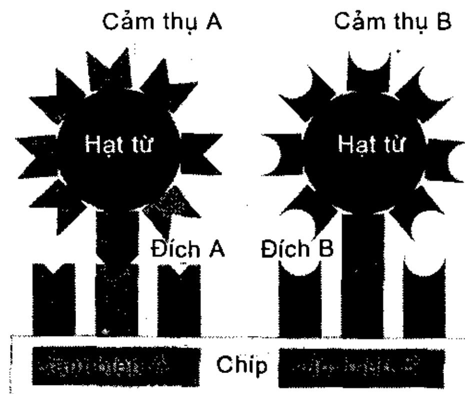
Mục đích là tìm xem có một loại ADN nào đó không, thí dụ ADN nhóm biotinyl. Người ta gắn các đầu dò ADN trên một mặt đế. Đó là các nhánh đơn ADN của loại cần tìm (hình 8.12.1) nếu trong chất cần thử có ADN thuộc loại như gắn ở giá đế (đã bị tách, hình 8.12 - 2) chúng kết hợp lại (hình 8.12 - 3). Trong chất cần thử còn có các hạt từ nanô được chức năng hoá, tức là có gắn các phân tử có xu hướng bám vào ADN cần tìm. Chúng sẽ bám vào ADN vừa kết hợp tạo thành (hình 8.12 - 4). Do có hạt từ lại gần nên cảm biến từ điện trở chỉ thị biến thiên dòng điện (hình 8.12 - 5) nhờ đó phát hiện được có ADN cần tìm.

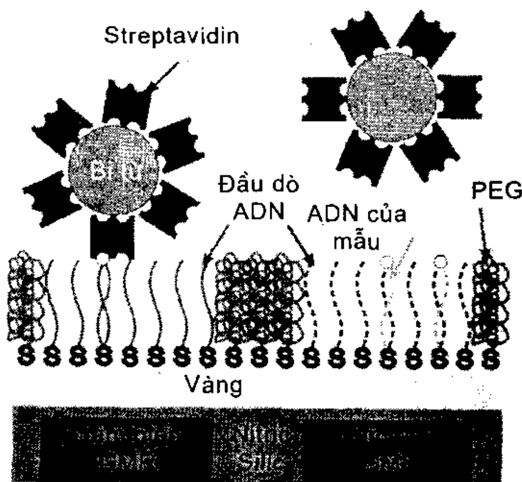


Hình 8.12: **Cảm biến ADN**

Theo nguyên tắc của cảm biến này người ta chế tạo chip có nhiều cảm biến từ điện trở, trên đó có nhiều ô, mỗi ô có nhiều đầu dò ADN (hình 8.13) cùng một loại.

Bộ dụng cụ kiểm tra ADN này cho phép phát hiện nhiều loại ADN cùng một lúc.



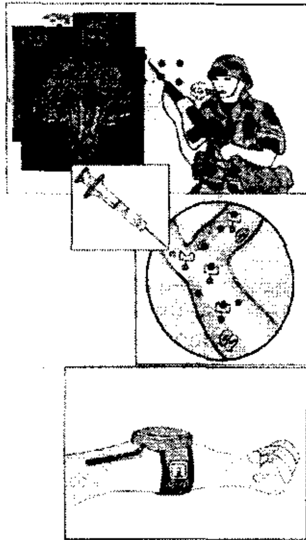


Hình 8.13: **Bộ kiểm tra ADN**

Chip cảm biến từ điện trở trên có đính các dãy chuỗi đơn ADN làm đầu dò. Nếu trong chất thử có chuỗi đơn ADN phù hợp, hai chuỗi đơn kết lại thành chuỗi kép. Cảm thụ đính ở hạt từ sẽ dính với chuỗi kép kéo hạt từ lại gần cảm biến từ điện trở GMR. Từ điện trở ở ô nào biến thiên báo hiệu là có ADN ứng với ô đó. Có thể phát hiện đồng thời nhiều loại ADN.

8.8.5. DÙNG HẠT TỪ NANÔ ĐỂ KHỬ ĐỘC

Các nhà nghiên cứu ở Đại học Chicago (Mỹ) đã sử dụng cách đánh dấu dẫn đường bằng các hạt từ để khử độc cho người thở phải khí độc. Khi bị tấn công bằng khí độc, các phân tử khí độc qua đường hô hấp xâm nhập vào máu. Muốn khử chất độc này, người ta dùng các hạt từ nhỏ, ngoài phủ một lớp chất mà các phân tử khí độc dễ bị bám dính. Tiêm dung dịch các hạt này vào máu (hình 8.14), các phân tử khí độc trong máu sẽ bám dính vào các hạt từ. Dùng từ trường ngoài có thể kéo các hạt từ có dính các phân tử khí độc để đưa ra ngoài, khử hết độc trong máu.



Hình 8.19: a) Người lính bị tấn công bằng chất độc hoá học. Tiêm các hạt từ vào máu để các phân tử chất độc bám vào hạt từ rồi dùng từ trường kéo các hạt từ ra ngoài.

b) Ảnh chụp bằng hiển vi điện tử cho thấy các hạt từ nhỏ có phủ lớp chất để thu hút các phân tử khí độc dùng để pha trộn, tiêm vào máu.

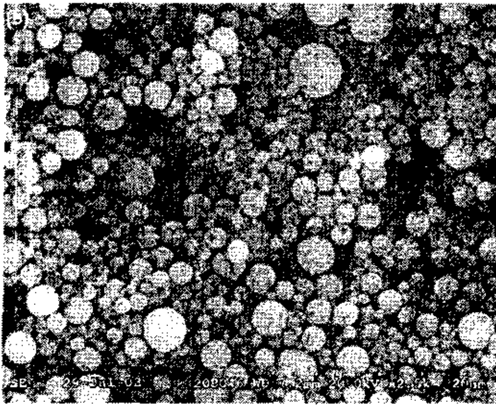


Fig. 6 (a) Proposed toxic screening mechanism using magnetic nanoparticles (b) Electron

8.9. ĐUỐC PHÂN TỬ - PHÁT HIỆN SỚM UNG THƯ VÚ VÀ VIRÚT

Cách dùng các hạt từ nanô, làm cho chúng có chức năng tìm và kết dính với tế bào ung thư tạo ra tương phản ở ảnh cộng hưởng từ hạt nhân là một phương pháp mới và có hiệu quả để phát hiện ung thư ở những giai đoạn rất sớm ở những bộ phận nằm sâu bên trong cơ thể.

Tuy nhiên có những phương pháp ít đòi hỏi thiết bị cao cấp mà vẫn phát hiện được ung thư ở những mô khá sâu. Thí dụ một loại ung thư khá phổ biến là ung thư vú gần đây đã có cách phát hiện sớm nhờ công nghệ nanô, thường gọi là phương pháp đuốc phân tử.

Tương tự như đầu dò cặp tóc nói ở phần trên, người ta chọn nucleotid phân tử lượng thấp (oligonucleotid) có trật tự các mối nối y như của gen ung thư vú. Nối vào hai đầu của nucleotid này hai phân tử khác nhau: phân tử huỳnh quang và phân tử dập tắt hai phân tử này nối với nhau tạo thành cái cặp tóc như vẽ ở hình 8.11.. Phân tử huỳnh quang khi đã nối với phân tử dập tắt thì dù có bị kích thích (bằng tia hồng ngoại) cũng không phát ánh sáng ra ngoài vì ánh sáng phân tử huỳnh quang phát ra bị phân tử dập tắt hấp thụ. Đây là cái đuốc chưa thắp sáng được. Tuy nhiên khi cho các đầu dò cặp tóc này vào cơ thể của người bị ung thư vú, nucleotid của cặp tóc bám ngay vào các chuỗi gien ở tế bào ung thư vú và khi bám vào như vậy mối nối giữa hai phân tử huỳnh quang và dập tắt hở ra. Bây giờ nếu kích thích bằng hồng ngoại phân tử huỳnh quang sẽ phát sáng: đuốc phân tử được thắp sáng.

Vì vậy sau khi đưa thuốc vào cơ thể, dùng bút hồng ngoại chiếu vào vú, nếu có ánh sáng phát ra là có ung thư.

Phương pháp đuốc phân tử còn có thể dùng để phát hiện nhiều loại ung thư khác ở gần da và phát hiện nhiều loại virut. Chọn nucleotid thích hợp với gien ở virut cần tìm, thí dụ virut bệnh than hay bệnh đậu mùa và cũng nối nucleotid này với phân tử huỳnh quang và phân tử dập tắt. Trộn các phân tử đuốc này với chất nghi là tác nhân gây ra bệnh, thí dụ chất nghi là bọn khủng bố sinh học cho lan truyền. Nếu thực sự có virut gây bệnh thì chiếu hồng ngoại vào, các phân tử đuốc sẽ sáng lên. Với phương pháp đuốc phân tử chỉ cần vài giờ là xác định được có hay không có virut gây hại.

Nhà khoa học Gang Bao ở Georgia Tech và Đại học Emory (Mỹ) nay đã lập một công ty tên là Vivonetics để kinh doanh các sản phẩm làm từ các kỹ thuật phát hiện sớm ung thư và virut như đã trình bày trên.

8.10. HẠT NANÔ BÁN DẪN - MÃ VẠCH ĐÁNH DẤU CHO Y SINH

Từ những năm 1970 các nhà vật lý, hoá, công nghệ điện tử đã rất quan

tâm đến các tinh thể bán dẫn kích thước cỡ nanomet, sau này gọi là các chấm lượng tử (quantum dot). Do kích thước quá nhỏ, những tinh thể bán dẫn này có nhiều tính chất điện quang rất đặc biệt, được sử dụng để làm nhiều linh kiện điện tử mới.

Các nhà y sinh học lại quan tâm ở các hạt nanô bán dẫn ở khía cạnh dùng để đánh dấu theo dõi các cấu trúc sinh học kích cỡ nhỏ như phân tử. Đó là vì có những hạt nanô khi chiếu ánh sáng vào chúng lại phát ra ánh sáng với những màu sắc riêng biệt mạnh đến mức nhờ kính hiển vi thường, hoặc kính lúp tốt là có thể quan sát được rõ ánh sáng (đơn sắc) phát ra. Điều đặc biệt là màu sắc ánh sáng phát ra phụ thuộc vào cả kích thước của hạt nanô. Nhờ đó có thể làm được các hạt nanô thí dụ như hạt nanô của tinh thể CdSe với kích thước khác nhau để khi chiếu hồng ngoại vào các hạt phát ra đến 12 màu ánh sáng khác nhau rất dễ phân biệt.

Thí dụ người ta cho các hạt nanô bán dẫn đính vào phân tử dược phẩm, có thể theo dõi được dược phẩm đó đi đến đâu nhờ quan sát màu sắc ánh sáng phát ra khi chiếu tia hồng ngoại vào những chỗ cần theo dõi. Tương tự, người ta đính các hạt nanô bán dẫn vào kháng thể để xem kháng thể bám với protein nào của tế bào ung thư, để xem hoá chất truyền thông tin như thế nào ở tế bào dây thần kinh v.v...

Ta biết rằng theo dõi các phân tử sinh vật bằng phương pháp huỳnh quang là phương pháp đã có từ lâu. Nhưng vì những hạt bột tạo màu huỳnh quang phát ra phổ ánh sáng khá rộng nên mỗi lần thử chỉ dùng được một chất tạo màu huỳnh quang, theo dõi được một loại phân tử. Dùng hai chất tạo màu huỳnh quang khác nhau để đồng thời theo dõi hai hoặc nhiều diễn biến là rất khó khăn vì màu sắc lẫn lộn khó phân biệt. Rất cẩn thận mới phân biệt được hai màu, còn phân biệt đồng thời ba mầu thì xem như không có thể được.

Trái lại các hạt nanô bán dẫn có thể cho những màu sắc rất khác nhau tuỳ thuộc vào kích thước hạt nanô. Hơn nữa có thể dùng tổ hợp các hạt nanô cho màu sắc khác nhau để đánh dấu theo kiểu mã vạch. Thí dụ dùng ba loại hạt nanô cho ba màu xanh, vàng, đỏ, ta có thể có mã vạch: xanh, vàng, đỏ; xanh, xanh, vàng; vàng, đỏ, đỏ; xanh, vàng, vàng v.v... vô cùng phong phú.

Hiện nay việc theo dõi ADN cũng đã bắt đầu dùng cách đánh dấu bằng các hạt nanô bán dẫn, nhìn màu sắc là phân biệt được.

* *
*

Năm 2002 Viện Công nghệ Quốc Gia Massachusetts (MIT - Massachusetts Institute of Technology) của Mỹ có nhận 50 triệu đô la của Bộ Quốc Phòng Mỹ để thành lập Viện Công nghệ Nanô cho quân đội. Có nhiều nhiệm vụ Viện này phải giải quyết nhờ công nghệ nanô: nguy trang thông minh, áo nhẹ nhưng đạn bắn không thủng, giày có thể nhảy vượt tường cao 6 mét v.v... Về y sinh học cho quân đội Viện này phải giải quyết những việc như:

- Làm một loại vải bán thấm dệt bằng sợi nanô để mặc bên ngoài bộ áo quần chiến đấu. Vải bán thấm này có những lỗ cỡ phân tử thoáng, nhưng ngăn chặn không cho những chất độc hoá học, sinh học lọt qua, có những thiết bị báo động nhạy, hễ có vi trùng lây lan là báo động ngay. Áo mặc ngoài này lại được trang bị nhiều cảm biến hoá học, đo được cảm nhận được những thông số của máu. Các vi cảm biến này có thể điều khiển các sợi dệt nanô làm cho vải dãn ra hoặc co vào, hễ chỗ nào có máu chảy ra thì vải co lại bịt vào như kiểu băng bó. Nếu cơ thể có chỗ nào đứt gãy nghiêm trọng thì có thể xé loại vải này để băng bó lại, có tác dụng vừa để cầm máu vừa như là bó bột cố định xương gãy v.v...

Chúng ta chưa hình dung được khi nào có thể thực hiện được những điều tương tự đã mô tả trong phim "*Cuộc du hành kỳ diệu*" là chế tạo được những robot nanô vừa thông minh vừa khéo léo, đi vào bên trong cơ thể để sửa chữa những tế bào hư hỏng, thay tế bào già bằng tế bào trẻ v.v...".

Tuy nhiên so với trước đây công nghệ nanô đang làm được rất nhiều điều kỳ diệu cho y sinh rồi, nhiều điều mà trước đây mười, mười lăm năm vẫn cho là giả tưởng.

Chương 9

MEMS - HỆ VI ĐIỆN CƠ NHIỀU CHỨC NĂNG

9.1. MEMS, NEMS, MOEMS

MEMS là tên gọi tắt thường dùng lấy từ các chữ đầu của cụm từ tiếng Anh Micro Electro Mechanical Systems có nghĩa là hệ vi điện cơ. Đó là tích hợp của các linh kiện vi cơ và linh kiện vi điện tử được chế tạo trên cùng một phiến vật liệu, thường là silic, diện tích tổng cộng lớn thì vào cỡ hàng chục centimet vuông còn nhỏ có thể đến hàng chục micromet vuông. Điều đặc biệt là MEMS đã làm một cuộc cách mạng trong việc chế tạo ra sản phẩm tinh vi lạ thường nhờ kết hợp được những cách giải quyết cực kỳ hiện đại về điện của công nghệ vi điện tử và những thành tựu mới về vi cơ, vi lưu, vi cảm biến, vi tác động...

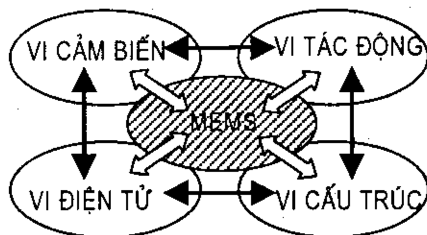
MEMS cũng nhỏ như con chip, có phần điện tử như con chip vi điện tử nhưng lại có thêm các cảm biến (sensor) các tác động (actuator) và nhiều chi tiết cơ học khác. Người ta thường nói một cách hình ảnh là ở MEMS vi điện tử cung cấp được "bộ não" nhưng còn nhiều công nghệ khác cung cấp tay chân và mắt mũi

Thí dụ ở xe ôtô, để đảm bảo an toàn phòng khi bất trắc, ở mỗi ghế ngồi đều có cài đặt MEMS và các bộ phận liên quan, nói chung dấu gọn khó trông thấy. Nhưng khi không may xe bị va chạm hoặc phanh quá đột ngột, MEMS nhạy cảm được với gia tốc (giảm), lập tức điều khiển các túi khí căng phồng đỡ cho người khỏi bị va chạm vào vật cứng của xe.

Trong kỹ thuật chiếu hình hiện nay có một loại MEMS phổ biến tên là DMD (Digital Micromirror Device - linh kiện gương vi mô kỹ thuật số). Đó là một hệ gồm cỡ một triệu gương con, mỗi gương kích thước 4μm x 4μm, có thể quay trong phạm vi ±10° điều khiển bằng mạch vi điện tử, tất cả đều được chế tạo trên phiến silic. Các gương được xếp khít nhau thành hàng thành dãy trật tự mỗi gương ứng với một điểm ảnh, có một tia ánh sáng màu chiếu vào. Chương trình cài đặt ở bộ nhớ thông qua vi mạch điều khiển từng gương quay sao cho các tia ánh sáng màu phản xạ chiếu lên màn ảnh tạo nên hình ảnh sống động, thấy rõ không cần dùng phòng tối.

Trong y tế, hình sự, môi trường, hiện nay cũng phổ biến một loại sản phẩm của MEMS, đó là phòng thí nghiệm trên một con chip LOC (Lab - on - a - chip). Thông thường để xét nghiệm, điều tra chẳng hạn người ta phải lấy nhiều mẫu, thực hiện nhiều phép đo, phép phân tích, dùng nhiều máy đặt ở nhiều phòng, cuối cùng tổng hợp lại để có kết quả cuối cùng. Nay tất cả đều có thể làm gọn trên một con chip (LOC) chế tạo theo công nghệ MEMS.

Để điều tra một vụ nổ xảy ra, nhờ LOC có thể xác định có hay không có mười loại thuốc nổ khác nhau, phân tích kỹ thành phần của loại thuốc nổ có ở hiện trường với độ chính xác đến 50ppm (phần triệu), toàn bộ việc kiểm định tiến hành trong ít phút ở hiện trường. Thực hiện được nhiều chức năng như trên là nhờ MEMS tích hợp được nhiều bộ phận (hình 9.1).



Hình 9.1: **Các thành phần cấu tạo của MEMS**

Thực ra MEMS xét về mặt kích thước cũng chỉ vào cỡ micromet. Hệ điện cơ nhỏ đến kích cỡ nanô thì gọi là NEMS (Nanô Electro Mechanical System - hệ nanô điện cơ). Nhiều chi tiết cơ học ở đây nhỏ đến kích cỡ phân tử: bánh xe răng phân tử, động cơ phân tử v.v... MEMS đã được đưa ra ứng dụng nhiều

còn NEMS đang trên đường phát triển. Vì vậy xét về mặt thực tiễn MEMS được nhắc đến nhiều hơn và vẫn được xem là một hướng phát triển mạnh của công nghệ nanô. Lại còn có một số loại MEMS có tích hợp ở bên trong cả linh kiện quang người ta gọi đó là MOEMS (Micro OptoElectro-Mechanical Systems - hệ vi quang điện cơ). Tuy nhiên cơ sở quan trọng vẫn là MEMS do đó trong những phần sau chủ yếu là ta tìm hiểu cấu tạo, những đặc điểm và ứng dụng của MEMS. Ta chỉ tìm hiểu một ít về NEMS ở cuối chương.

9.2. GIA CÔNG VI CƠ

Ở MEMS luôn luôn có sự tích hợp mạch vi điện tử với các linh kiện, các chi tiết vi cơ. Mạch vi điện tử được chế tạo trên phiến silic do đó xu hướng chung là lợi dụng tối đa vật liệu silic để chế tạo các linh kiện vi cơ theo những kỹ thuật tương tự với kỹ thuật làm mạch vi điện tử, điển hình là kỹ thuật khắc hình.

Tuy nhiên các linh kiện của mạch vi điện tử đều nằm trên mặt phẳng (công nghệ planar nghĩa là phẳng) còn nhiều linh kiện vi cơ phải thực hiện những thao tác như dịch chuyển, rung, quay, đẩy kéo, bơm v.v... Do đó chúng không phải tất cả nằm trên mặt phẳng mà có một phần, có khi hoàn toàn, tách ra khỏi mặt phẳng. Mặt khác các chi tiết vi cơ phải làm bằng vật liệu có cơ tính thích hợp thí dụ có chi tiết cần đàn hồi như lò xo, có chi tiết cần rất cứng, có chi tiết lại cần mềm dẻo. Lại có những chỗ cần phản xạ tốt ánh sáng, có chỗ cần dẫn điện. May mắn là trên cơ sở silic có thể làm ra một số vật liệu đáp ứng được nhiều yêu cầu nói trên, thí dụ oxyt silic (SiO_2) cách điện, silic đa tinh thể (poly - Si) dẫn điện được, nitrit silic (Si_3N_4) vừa cứng vừa đàn hồi. Cũng có thể dùng các phương pháp bốc bay, phún xạ để tạo những lớp chất đặc biệt như lớp kim loại phản xạ, lớp áp điện, lớp hợp kim đàn hồi v.v... lên bề mặt silic rồi khắc hình để chỗ này có mặt phản xạ tốt dùng làm gương, chỗ kia có lá kim loại đàn hồi dùng làm lò xo v.v...

Để dễ hình dung ta xét một số thí dụ về gia công các chi tiết cơ tiêu biểu ở công nghệ MEMS.

9.2.1. GIA CÔNG VI CƠ KHỐI (TRONG KHỐI)

Gia công vi cơ khối là lấy đi một phần thể tích trong phiến vật liệu để hình thành chi tiết vi cơ. Gọi là gia công nhưng thực ra là dùng các phương pháp hoá, lý để ăn mòn (tẩm thực) tạo ra trên phiến các lỗ sâu, các rãnh, các chỗ lõm v.v... để hình thành các chi tiết cơ ở phần còn lại. Có hai cách phổ biến.

Ăn mòn ướt. Thường dùng đối với các phiến vật liệu là silic, thạch anh. Đây là quá trình dùng dung dịch hoá chất để ăn mòn theo những diện tích định sẵn nhờ các khuôn. Các dung dịch hoá chất thường dùng đối với silic là các dung dịch axit hoặc hỗn hợp các axit như HF, HNO_3, CH_3COOH, hoặc KOH. Việc ăn mòn có thể là đẳng hướng (ăn mòn đều như nhau theo mọi hướng) hoặc dị hướng (có hướng tinh thể ăn mòn nhanh, có hướng chậm).

Ăn mòn khô. Ăn mòn bằng cách cho khí hoặc hơi hoá chất tác dụng, thường là ở nhiệt độ cao.

Hình dạng, diện tích hố ăn mòn được xác định theo khuôn (mask) đặt lên bề mặt phiến vật liệu. Để tăng cường tốc độ ăn mòn có thể dùng sóng điện từ (RF) kích thích phản ứng hoặc dùng điện thế để tăng tốc ion tức là tăng thêm năng lượng của các viên đạn bắn phá.

9.2.2. GIA CÔNG VI CƠ TRÊN BỀ MẶT

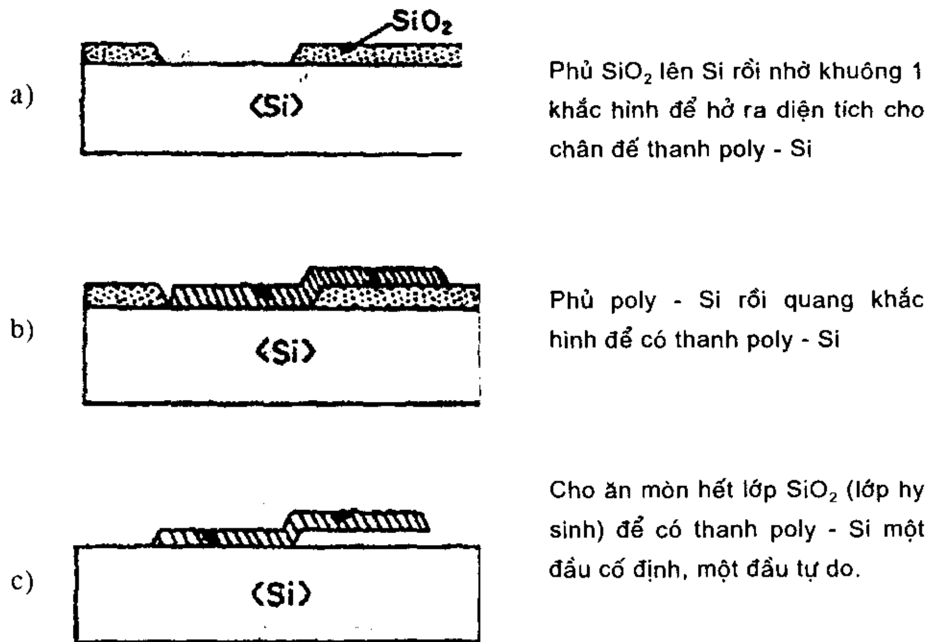
Thí dụ để trên phiến silic cần tạo ra một thanh lá mỏng đa tinh thể silic một đầu cố định, một đầu tự do có thể làm theo các giai đoạn sau (hình 9.2):

1. Tạo ra lớp oxyt silic trên phiến silic

2. Dùng khuôn 1 khoét (theo cách khắc hình) diện tích để sau này gắn vào đáy đầu cố định của thanh lá mỏng (hình 9.2a) .

3. Phủ lên toàn bộ một lớp đa tinh thể silic rồi dùng khuôn 2 để khắc hình khoét đi lớp silic đa tinh thể, chỉ chừa lại một thanh lá mỏng (hình 9.2b).

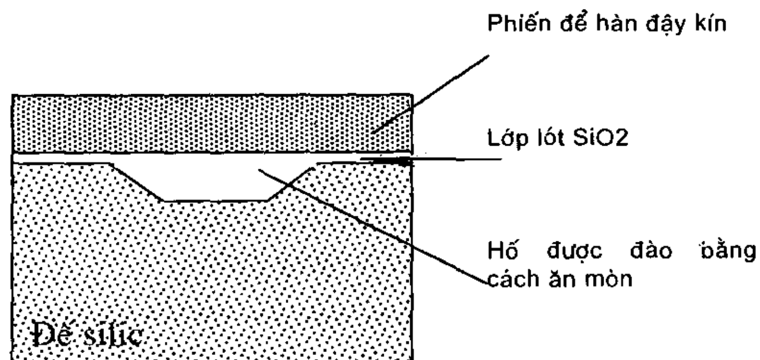
4. Nhúng toàn bộ vào một loại axit để hòa tan hết SiO_2 (nhưng không hòa tan silic) ta có được thanh lá mỏng đa tinh thể một đầu bám vào phiến silic, một đầu tự do (hình 9.2c).



Hình 9.2: **Cách tạo ra thanh lá mỏng có một đầu tự do**

Trong thí dụ nêu trên có những lớp chế tạo ra như lớp SiO_2 chỉ có vai trò trong một giai đoạn gia công, sau đó lại hòa tan để loại bỏ. Người ta gọi đó là **lớp hy sinh.**

9.2.3. HÀN



Hình 9.3: **Hàn để có cái hốc ở sâu bên trong**

Để tạo ra các chi tiết vi cơ phức tạp, sâu, kín như ống dẫn, bể ngầm... có thể thực hiện việc gia công ở hai phiến rồi hàn úp hai mặt gia công với nhau. Hình 9.3 vẽ một hốc rỗng ở sâu bên dưới nhờ tạo một cái hố hở trên một phiến bằng cách ăn mòn thông thường rồi hàn lên trên phiến đó một phiến khác để đậy hố lại. Gọi là hàn, thực sự là ép nhiệt trực tiếp hai phiến lại hoặc dùng thêm một lớp lót để tăng cường sự kết dính.

9.2.4. GIA CÔNG BẰNG TIA LAZE

Có thể dùng tia laze để tạo ra những chi tiết vi cơ theo kiểu khoét lần lượt, điều khiển trực tiếp. Tuy nhiên cách gia công này rất chậm, không gia công đồng loạt được. Vì vậy ở công nghệ MEMS cách gia công bằng laze thường chỉ dùng để làm khuôn. Laze dùng là laze eximơ mới đủ mạnh và vật liệu để gia công thường là chất dẻo, polyme.

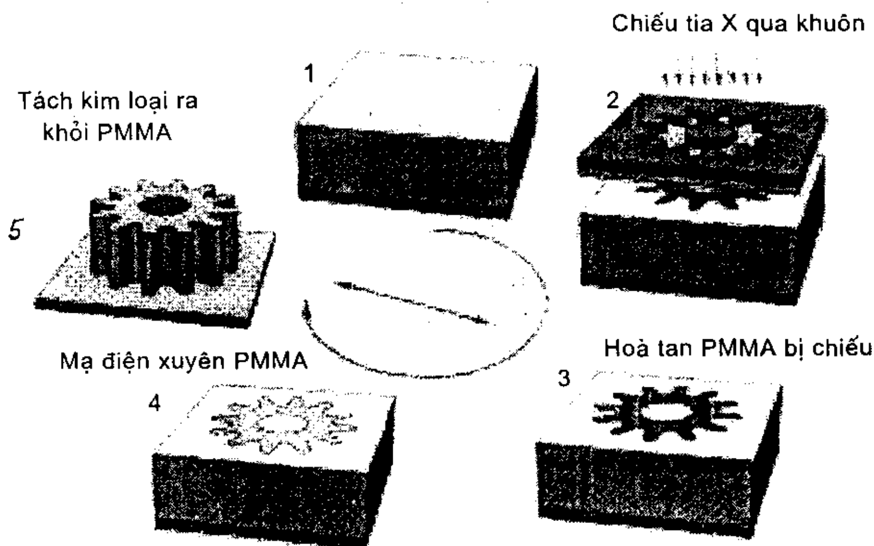
9.2.5. LIGA

LIGA là từ ghép các chữ đầu của Lithographie Galvanoforuning und Abformung, tiếng Đức nghĩa là khắc hình, mạ điện và làm khuôn. Đây là kỹ thuật tạo ra các hệ vi cơ ba chiều chứ không phải là hai chiều như ở các cách khắc hình bình thường.

Ở LIGA người ta dùng chùm tia X cực mạnh (lấy từ máy gia tốc) để qua khuôn chiếu vào lớp dày chất cảm. Tia X rất mạnh nên đi sâu vào chất cảm có thể đến milimet. Chất cảm thường dùng thuộc loại acrylic viết tắt là PMMA (hình 9.4). Thông qua những chỗ bị khoét thủng trên khuôn, tia X chiếu vào lớp chất cảm theo những diện tích nhất định, làm biến chất chất cảm. Khi cho vào dung dịch hoá chất thích hợp những chỗ của chất cảm có tia X chiếu đến sẽ bị hòa tan. Vì trong kỹ thuật LIGA người ta dùng những lớp chất cảm dày, và tia X mạnh nên tia X có thể đi sâu vào lớp chất cảm đến hàng trăm, thậm chí hàng nghìn micromet nhờ đó sau khi nhúng vào dung dịch, những chỗ chất cảm bị hòa tan đi có thể rất sâu, hình khắc thực sự là ba chiều chứ không phải là hai chiều như ở quang khắc thông thường.

Sau khi khắc hình, trong lớp chất cảm PMMA có được những hình khối bị khoét đi như mong muốn, người ta dùng cách mạ điện, thường là dùng kim loại niken để mạ vào bề mặt những hình khối đã khoét trong lớp chất cảm.

Rồi sau đó làm hòa tan cả lớp chất cảm. Theo cách này ta trực tiếp có được các chi tiết vi cơ ba chiều bằng kim loại. Dùng các chi tiết này làm khuôn để đúc nhựa, ta có được các chi tiết, ba chiều bằng nhựa. Hình 9.4 vẽ cách làm bánh xe răng của kỹ thuật LIGA.



Hình 9.4: **Gia công theo kỹ thuật LIGA**

1- Tạo ra trên đế kim loại một lớp chất cảm PMMA rất dày.
2- Lấy khuôn có hình bánh răng cưa khoét rỗng đặt lên lớp PMMA và chiếu tia X qua khuôn.
3- Cho vào dung dịch hoá chất để chỗ nào của PMMA được tia X chiếu là bị hòa tan hết.
4- Dùng phương pháp mạ để mạ PMMA (đã bị khoét thủng hình bánh răng).
5- Tách kim loại ra khỏi PMMA có được khuôn dạng bánh răng bằng kim loại.

9.3. CÁC HỆ CHUYỂN ĐỔI Ở MEMS

Như đã nói trên MEMS là hệ vi cơ điện có khả năng theo dõi, suy nghĩ và hành động như là có đầu, có mắt mũi, có tay chân.

Đầu ở đây chính là mạch vi điện tử còn mắt mũi và tay chân chính là các bộ cảm biến, các bộ tác động, nói chung là các cơ cấu chuyển đổi. Ta lại xét

kỹ hơn thí dụ MEMS lắp ở ôtô để bảo vệ người đi ôtô không bị va đập mạnh khi xe bị va chạm. Mắt mũi ở đây là cảm biến gia tốc. Xe ôtô bị va chạm tức là có gia tốc (âm) lớn (tốc độ xe giảm đột ngột). Bộ cảm biến gia tốc nhạy cảm với biến thiên này và chuyển thành tín hiệu điện. Cái đầu ở đây là mạch vi điện tử, nhận dạng tín hiệu điện nếu đúng là va chạm nguy hiểm (gia tốc rất lớn) thì ra lệnh mở khí nén để bơm ngay cho các túi đang dấu gọn ở trước đầu và ngực người đi ôtô. Như thế phải có cơ cấu để chấp hành lệnh mở khí nén, tức là làm một thao tác cơ học. Người ta gọi đó là cơ cấu tác động, tương tự như tay chân vậy. Tất cả những bộ phận làm chức năng cảm nhận, suy nghĩ, hành động của MEMS lắp ở ôtô để bảo vệ khỏi va đập này một mặt rất nhỏ (cỡ milimét) mặt khác phải làm việc rất nhanh, kịp thời (túi khí căng phồng trước khi đầu và ngực đập vào !).

Cách chế tạo mạch vi điện tử đã nói ở chương VII. Ở đây ta chỉ xét đến các bộ phận làm nhiệm vụ mắt mũi và tay chân của MEMS, tức là xét đến các cảm biến (sensors) và các tác động (actuators), gọi chung là các chuyển đổi (transducers).

9.3.1. CHUYỂN ĐỔI CƠ

Cảm biến

Các thông số về cơ thường là biến dạng, lực, dịch chuyển. Các hiệu ứng vật lý để cảm nhận được sự thay đổi các thông số này thường là hiệu ứng áp điện (piezoelectric), hiệu ứng áp điện trở (piezoresistivity), hiệu ứng hai bản tụ điện hút nhau.

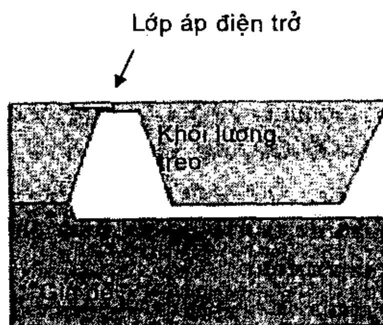
Cảm biến dùng áp điện trở

Điện trở của một số vật liệu đặc biệt là bán dẫn silic thay đổi rất đáng kể khi bị biến dạng, tức là khi có áp suất tác dụng. Vì vậy, silic rất hay được dùng làm vật liệu cho cảm biến nhạy với biến dạng cũng như cảm biến nhạy với áp suất. Silic ở đây không phải là silic tinh khiết mà là silic có pha tạp.

Cảm biến dùng áp điện

Một số vật liệu như thạch anh, một số loại gốm như secnhet, PZT (gốm có chì Pb, zirconi Zr và titan Ti) có tính chất khi có áp suất tác dụng thì sinh ra hiệu điện thế, vì vậy có tên là vật liệu áp điện. Ngược lại khi có hiệu điện

thế tác dụng, vật liệu áp điện sẽ sinh ra áp suất, áp suất làm cho vật liệu biến dạng tức là tạo ra dịch chuyển cơ học. Như vậy vật liệu áp điện có thể dùng làm cảm biến, có thể dùng làm tác động.



Hình 9.4a: **Cảm biến gia tốc**

Khi vật gắn liền với giá đế (ôtô chẳng hạn) có gia tốc đột ngột, do quán tính khối lượng "treo" vẫn chuyển động còn giá đế dừng lại. Lớp áp điện trở bị tác dụng áp suất nên điện trở thay đổi. Cảm biến đã chuyển đổi gia tốc thành tín hiệu điện.

9.3.2. CHUYỂN ĐỔI NHIỆT

Cảm biến nhiệt

Cảm biến kiểu nhiệt cơ

Ở đây người ta ứng dụng hiện tượng dãn nở vì nhiệt. Hai thanh vật liệu có độ dãn nở khác nhau ghép với nhau thì khi thay đổi nhiệt độ, thanh ghép bị uốn cong. Có thể lợi dụng độ uốn cong của thanh ghép này để làm cảm biến nhiệt cũng như làm tác động cơ điều khiển bằng nhiệt (xem tác động dùng nhiệt hình 9.5).

Cảm biến dùng nhiệt điện trở.

Ở đây người ta sử dụng hiện tượng điện trở suất của một số chất biến thiên theo nhiệt độ t : $\rho = R(1 + at + bt^2)$. Nhiều vật liệu có các hệ số nhiệt điện trở a và b dương tức là điện trở suất tăng theo nhiệt độ. Riêng platin Pt . hệ số b hầu như bằng không, điện trở thay đổi tuyến tính theo nhiệt độ. Một số vật liệu như cacbon, bán dẫn... điện trở lại giảm khi nhiệt độ tăng. Tuy

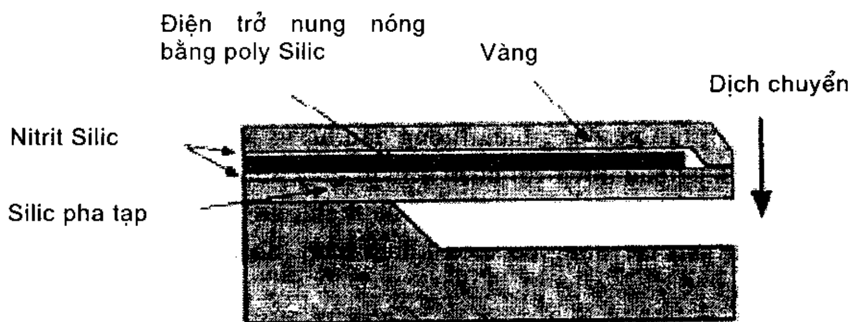
không thay đổi tuyến tính theo nhiệt độ, các loại vật liệu này vẫn hay dùng cho MEMS vì rẻ và dễ kết hợp chế tạo trong công nghệ MEMS.

Cảm biến cặp nhiệt điện.

Cặp nhiệt điện là hai vật liệu khác nhau, có hai đầu tiếp xúc với nhau (hàn lại) và khi một chỗ tiếp xúc (mối hàn) nóng lên thì giữa hai chỗ tiếp xúc có hiệu thế gọi là hiệu thế nhiệt điện. Các cặp vật liệu bán dẫn thường có hiệu ứng nhiệt điện cao hơn là các cặp vật liệu kim loại. Ở công nghệ MEMS thường dùng cặp nhiệt điện làm cảm biến về nhiệt có khi dùng các cặp nhiệt điện ghép nối tiếp nhau để tạo ra nguồn điện ghép nối tiếp nhau để tạo ra nguồn điện gọi là pin nhiệt điện.

Tác động dùng nhiệt.

Một cách dùng nhiệt để tạo ra tác động cơ thường dùng ở MEMS vẽ ở hình 9.5. Hai lớp vật liệu có độ dãn nở nhiệt khác nhau là vàng và silic (pha tạp loại p) kẹp ở giữa là một lớp đa tinh thể silic có tác dụng như là điện trở để đốt nóng. Hai lớp mỏng nitrit silic dùng làm lớp cách điện. Khi có dòng điện chạy qua lớp silic đa tinh thể, lớp này nóng lên làm cho đầu mút tự do dịch chuyển. Điều khiển dịch chuyển cơ học này bằng cách điều khiển cường độ dòng điện, thực chất là điều khiển nhiệt độ của lớp đa tinh thể kẹp ở giữa hai thanh.



Hình 9.5: **Tác động dùng nhiệt**

Tác động nhờ hợp kim nhớ hình.

Hợp kim nhớ hình, thông dụng nhất là hợp kim niken và titan có đặc

điểm là thay đổi mạnh độ dài khi nung nóng nhưng khi trở lại nhiệt độ ban đầu thì hợp kim trở lại hoàn toàn hình dạng cũ. Sau khi làm cho hợp kim bị biến dạng mạnh, lúc hơ nóng hợp kim cũng trở về hình dạng ban đầu.

Lợi dụng các tính chất này ở MEMS người ta có thể làm các tác động cơ bằng hợp kim nhớ hình và điều khiển dịch chuyển bằng cách cho dòng điện chạy qua hợp kim để nung nóng.

9.3.3. CHUYỂN ĐỔI BẰNG TỪ

Cảm biến từ

Nhiều cảm biến từ ở MEMS làm việc trên cơ sở hiệu ứng Hall. Đối với một số vật liệu, đặc biệt là bán dẫn và vật liệu sắt từ khi đặt trong từ trường và có dòng điện chạy qua thì có một hiệu thế đáng kể sinh ra theo phương vuông góc với từ trường và dòng điện. Hiệu thế Hall này được dùng để đo, để làm cảm biến với từ trường. Hiệu ứng quang từ cũng được dùng để làm cảm biến từ ở MEMS, còn các cuộn dây cảm ứng rất ít được dùng vì tính chất ba chiều cồng kềnh của chúng.

Ở MEMS vật liệu dùng làm cảm biến từ trên cơ sở hiệu ứng Hall phổ biến nhất là silic vì dễ kết hợp với công nghệ vi điện tử và rẻ tiền.

Tác động từ

Các vật dẫn điện khi có dòng điện chạy qua thì sinh ra từ trường ở chung quanh vật dẫn. Nếu vật dẫn đó nằm trong từ trường thì từ trường tác dụng lực lên vật dẫn. Ở công nghệ MEMS tác động từ chỉ được dùng trong một ít trường hợp vì làm vật dẫn điện dưới dạng cuộn dây thì lực tác dụng sẽ mạnh nhưng cồng kềnh, còn làm dây dẫn đơn giản thì lực tác dụng yếu. Thường dùng tác động theo kiểu tĩnh điện cơ cấu gọn nhẹ mà lực tác dụng mạnh hơn.

Có thể dùng hiệu ứng từ giảo để làm tác động cơ. Đó là hiệu ứng vật liệu bị co lại hoặc dãn ra khi có từ trường.

9.3.4. CHUYỂN ĐỔI HOÁ VÀ SINH

Đây là một lĩnh vực rất đa dạng và liên ngành. Có thể kể ra một số loại chuyển đổi tiêu biểu.

Cảm biến hoá học

Cảm biến hoá điện trở. Bộ phận chủ yếu là hai điện cực nối với lớp chất có đặc điểm là điện trở thay đổi khi tiếp xúc với một loại hoá chất cần nghiên cứu nhất định nào đó.

Cảm biến hoá tụ điện. Tương tự như ở hoá điện trở, nhưng hai cực và lớp chất ở giữa có vai trò là một tụ điện và điện dung của tụ điện thay đổi đáng kể khi lớp chất tiếp xúc với một loại hoá chất nhất định nào đó cần nghiên cứu.

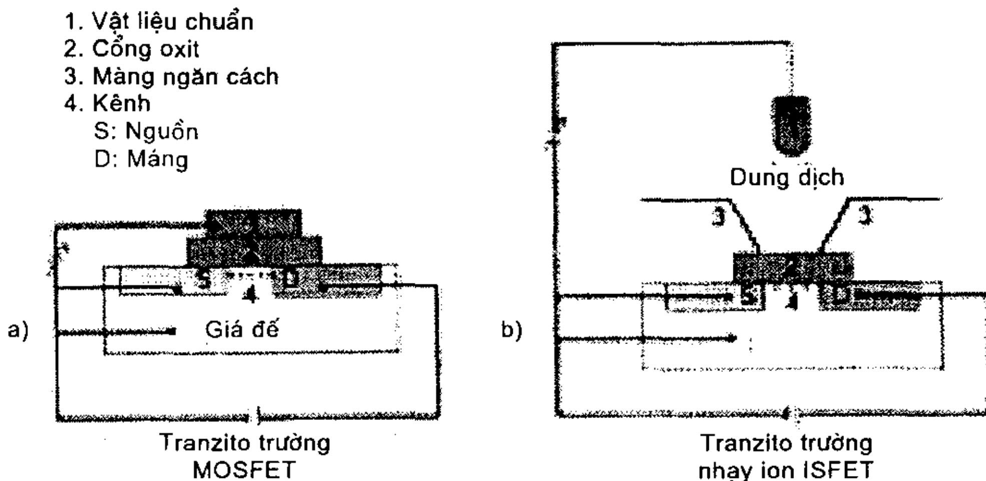
Cảm biến hoá cơ. Ở đây sử dụng vật liệu đặc biệt bị biến dạng mạnh khi tiếp xúc với một hoá chất nào đó. Thường vật liệu làm cảm biến là một màng mỏng polyme khi có hoá chất thích hợp thì dãn nở mạnh.

Cảm biến nhiệt hoá. Có những phản ứng hoá học kèm theo sự tỏa nhiệt. Căn cứ theo hiện tượng tỏa nhiệt này người ta làm những cảm biến đo nhiệt độ để theo dõi phản ứng hoá học.

9.3.5. CẢM BIẾN TRÊN CƠ SỞ TRANZITO TRƯỜNG

Tranzito trường MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) có cấu tạo như ở hình vẽ 9.6.

Dòng điện từ cực nguồn S đến cực máng D rất phụ thuộc vào điện thế tác dụng ở cổng G. Điện thế này thông qua lớp điện môi mỏng tạo ra một điện trường ở lớp bán dẫn tiếp xúc với lớp điện môi. Nếu điện trường đủ sức kéo điện tử ở dưới lên thành điện tử tự do (công của điện trường lớn hơn công thoát của điện tử) thì có dòng điện từ S đến D, điện trường càng cao thì dòng điện càng lớn (9.6.a). Trên cơ sở đó, người ta làm cảm biến gọi là ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor) vẽ ở hình 9.6b. So với MOSFET, cực cổng là điện cực chuẩn và dung dịch hoá chất hoặc trực tiếp tiếp xúc với lớp oxit hoặc tiếp xúc thông qua màng lọc ion. Các ion chuyển động trong phản ứng hoá học đến cổng cùng với điện thế ở cổng tạo ra điện trường làm thay đổi số điện tử tự do xuất hiện ở lớp bán dẫn tiếp xúc với cổng nhờ đó dòng điện giữa S và D rất nhạy với phản ứng hoá học xảy ra.



Hình 9.6: **Sơ đồ MOSFET và ISFET**

Cũng trên cơ sở của ISFET, có thể dùng dung dịch hoá sinh thay cho dung dịch hoá chất, để có được cảm biến sinh học.

Cảm biến sinh học có công dụng rộng rãi nhất hiện nay là cảm biến men glucô oxy hoá để theo dõi mức độ đường glucô trong máu, rất hay dùng cho người bị bệnh đái tháo đường. Cảm biến này đặt trong LOC (xem phòng thí nghiệm trên một con chip).

9.3.6. CÁC LINH KIỆN VI LƯU

Nếu trong các thao tác thông thường, đối với chất lỏng (chất lưu) người ta phải bơm, hút cho chảy qua ống, đổ vào ống nghiệm vài hoặc vài chục mililít v.v... thì ở công nghệ MEMS phải làm các thao tác đó với độ tinh vi đến cỡ micromet hay nhỏ hơn. Ở MEMS phối hợp với các linh kiện vi cơ phải có các linh kiện vi lưu thì MEMS mới làm được nhiều chức năng cần thiết trong y sinh và trong nhiều ứng dụng khác. Sau đây là một số thí dụ về linh kiện vi lưu, cấu tạo và nguyên tắc hoạt động của chúng.

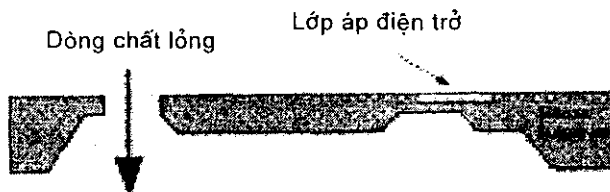
Kênh chảy. Có thể bố trí cho chất lỏng chảy theo ống kín, theo máng hở, chảy qua một lớp chất nào đó. Thường dùng cách gia công vi cơ trên các phiến rồi hàn lại như vẽ ở hình 9.7.



Hình 9.7: **Dùng các cách gia công vi cơ bề mặt và cách hàn để đậy lại, có thể gia công nhiều loại kênh vi lưu.**

Cảm biến lưu lượng

Có hai kiểu cảm biến lưu lượng: kiểu phụ thuộc và kiểu độc lập với dòng chảy. Một kiểu cảm biến phụ thuộc dòng chảy là đo theo chênh lệch nhiệt độ. Làm nóng dòng chảy ở phía trên, đo nhiệt độ dòng chảy ở một điểm phía trên và một điểm phía dưới của dòng chảy. Căn cứ vào chênh lệch nhiệt độ, tính ra được lưu lượng. Kiểu cảm biến đo lưu lượng nhưng không phụ thuộc dòng chảy vẽ ở hình 9.8.

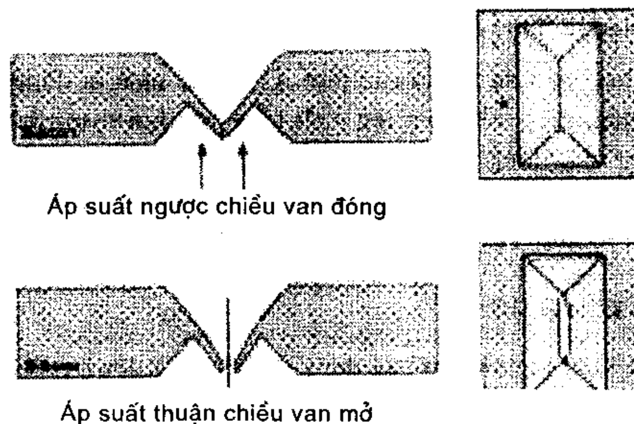


Hình 9.8. **Cảm biến lưu lượng dòng chất lỏng chạy qua lỗ gây ra áp suất ở lớp áp điện trở, có được tín hiệu điện để đo lưu lượng.**

Dòng chảy qua lỗ mạnh hay yếu tạo ra lực kéo mạnh hay yếu ở khu vực lân cận lỗ. Đặt tấm áp điện trở ở khu vực này, thông qua đo điện trở có thể suy ra áp suất, từ đó suy ra lực kéo tức là suy ra được lưu lượng.

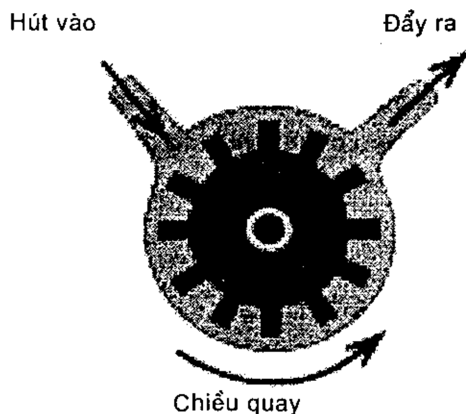
Van. Có thể phân ra hai loại van ở MEMS: van tự điều khiển và van điều khiển từ ngoài.

Van tự điều khiển đóng mở đơn giản nhất vẽ ở hình 9.9. Nếu áp suất tác dụng lên chất lỏng ngược chiều dòng chảy, van tự động đóng lại, nếu áp suất xuôi chiều dòng chảy, van mở ra cho chất lỏng đi qua



Hình 9.9: **Một kiểu van tự điều khiển đóng mở theo chiều áp suất**

Bơm. Dùng để bơm các chất lỏng cho chảy qua các kênh dẫn. Có ba loại phổ biến, bơm màng, bơm quay, bơm siêu âm. Hình 9.10 là một thí dụ về bơm quay dùng từ giữa là bánh răng bằng nhựa, răng có mạ NiFe. Từ trường quay ở ngoài làm quay bánh răng hút chất lỏng vào một đầu, bơm đẩy chất lỏng ra ở đầu kia.



Hình 9.10: **Một kiểu bơm chất lỏng chế tạo trên phiến silic**

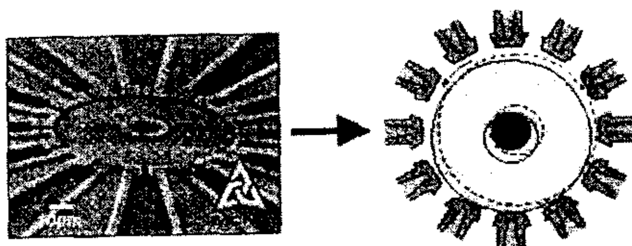
Máy phun giọt. Dùng để tạo ra các giọt cực nhỏ chất lỏng. Thí dụ phổ biến nhất là máy phun giọt mực in ở máy in phun. Mỗi giọt mực phun ra chỉ nhỏ vào cỡ micromet phun trực tiếp lên giấy thành một chấm nhỏ, nhiều chấm

như vậy tạo ra được các nét chữ.

Có hai cách để tạo ra các giọt. Cách thứ nhất là dùng điện trở, cho xung điện đi qua, điện trở nóng lên chất lỏng bốc hơi thành bóng khí, tạo áp suất phun giọt chất lỏng qua lỗ nhỏ cỡ mười micromet. Cách thứ hai là dùng áp điện, dưới tác dụng của xung điện thế vật liệu áp điện bị rung đẩy chất lỏng phun qua lỗ nhỏ. (xem thí dụ về máy in phun ở phần sau).

9.3.7. VI ĐỘNG CƠ

Một kiểu vi động cơ hay dùng ở MEMS là động cơ tĩnh điện chế tạo trên phiến silic theo cách gia công vi cơ bề mặt (hình 9.11).



Hình 9.11: **Động cơ tĩnh điện của MEMS Rôto quay do tác dụng của các bản tụ điện bao quanh rôto. Rôto vừa quay vừa đảo quanh trục vì lỗ trục to hơn trục.**

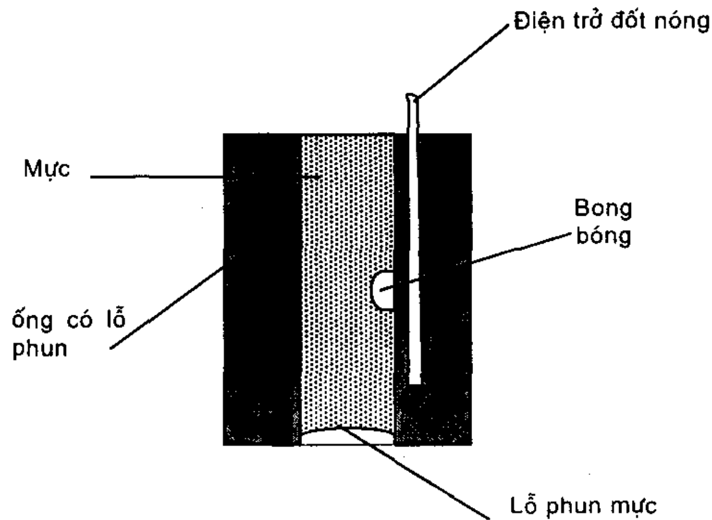
Động cơ có rôto ở giữa, chung quanh có nhiều bản tụ điện. Khi tác dụng điện thế vào các bản tụ điện với pha thích hợp, rôto ở giữa quay tự do. Nếu lỗ giữa của rôto đường kính lớn hơn trục quay, rôto sẽ quay theo kiểu đảo quanh trục.

9.4. MỘT SỐ THÍ DỤ VỀ ỨNG DỤNG CỦA MEMS

9.4.1. MÁY IN PHUN

Khoảng đầu những năm 1980, máy in đi kèm máy vi tính phổ biến là máy in kim, bộ phận quan trọng để in ra chữ là đầu in gồm 8 hoặc 16 cái kim. Theo điều khiển của máy tính mũi kim qua giấy than gõ lên giấy thành một chấm đen, các chấm đen gần nhau, tạo ra nét chữ. Tất nhiên là nét chữ không liền và tốc độ in rất chậm.

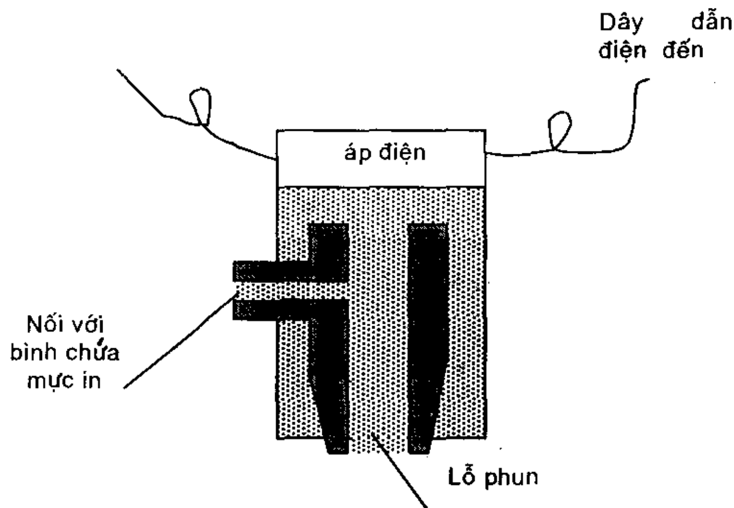
Thế hệ máy in kim đã đi qua, ngày nay phổ biến là máy in phun và máy in laze. Máy in phun rẻ hơn máy in laze, chữ in ra khá đẹp, chấm in rất nhỏ nét như là liền nhau, mỗi milimet có từ 10 đến 30 chấm. Đặc biệt máy in phun mầu rất rẻ so với máy in laze mầu. Bộ phận quan trọng là đầu in được làm theo công nghệ MEMS. Mỗi đầu in có hàng trăm lỗ phun tí hon để phun mực in lên giấy, mỗi lỗ phun như vậy phun ra giọt mực nhỏ cỡ 10 micromet. Ta xét công nghệ MEMS làm các lỗ phun mực tí hon đó như thế nào. Có hai loại máy in phun: máy in phun loại nhiệt bong bóng (thermal bubble) và máy in phun loại áp điện (piezoelectric), hai loại máy này khác nhau chính ở cách phun mực qua lỗ phun.



Hình 9.12: **Cách phun giọt mực ở đầu in phun nhiệt bong bóng**

- **Cách phun mực nhiệt bong bóng**. Lỗ phun ở đầu mút của một ống có chứa đầy mực in (hình 9.12) gần lỗ phun, dọc theo ống có một điện trở. Khi cho xung điện đi qua, điện trở nóng lên làm cho mực in bay hơi tạo thành bong bóng, càng nóng bong bóng càng phình to, cuối cùng bong bóng nổ, đẩy mực qua lỗ phun tạo thành một chấm đen trên giấy. Bong bóng nổ tạo ra chân không hút mực lấp đầy ống sẵn sàng cho lần phun tiếp theo. Mỗi đầu in có thể có đến 300 hoặc 600 lỗ phun như vậy và có từ 10 đến 30 chấm mực phun ra trên một milimet để tạo ra chữ trên giấy.

- **Cách phun áp điện**. Đằng sau mỗi lỗ phun có một tinh thể áp điện. Khi có điện thế đến tác dụng, tinh thể áp điện bị rung theo chiều gần lỗ, xa lỗ phun. Lúc lại gần lỗ, tinh thể áp điện đẩy mực ra giấy, lúc ra xa lỗ tinh thể áp điện kéo mực ở bình vào ống. Chấm mực phun ra đậm hay nhạt phụ thuộc số lần rung tức là phụ thuộc điện tích đến tác dụng lớn hay nhỏ. Số lỗ phun của một đầu cũng như số chấm trên một milimet tương tự như ở trường hợp in phun nhiệt bong bóng.



Hình 9.13: **Phun mực kiểu áp điện xung điện đến áp điện. Tấm áp điện rung đẩy mực qua lỗ phun**

Năm 1996 trên toàn thế giới đã chế tạo 100 triệu đầu in phun, tổng cộng bán được 4,4 tỉ đô la, năm 2002 chế tạo đến 500 triệu chiếc và bán ra được 10 tỉ đô. Đây là một lĩnh vực ứng dụng và được thị trường chấp nhận rất rộng rãi của công nghệ MEMS, chỉ đứng sau đầu đọc từ điện trở khổng lồ một chút.

9.4.2. DMD - LINH KIỆN VI GƯƠNG KỸ THUẬT SỐ DÙNG ĐỂ CHIẾU HÌNH

DMD là tên gọi tắt, ghép các chữ đầu của từ tiếng Anh Digital Micromirror Device có nghĩa linh kiện vi gương kỹ thuật số. Tên gọi khá phức tạp nhưng thực tế linh kiện đó còn phức tạp và tinh vi hơn nhiều, chỉ có thể tưởng tượng nổi khi biết được những thành tựu nổi bật của công nghệ MEMS gần đây.

Trước đây muốn có hình hoặc ảnh nào đó phóng to ra trên màn ảnh để dễ thấy trước mặt mọi người phải dùng đèn chiếu: một ngọn đèn sáng, một hệ các thấu kính và gương, còn hình ảnh phải chụp hoặc vẽ sẵn trên phim chuyên dụng (phim dương bản). Làm phim để chiếu (slide) là cả một quá trình nhiều công đoạn, máy móc chiếu khá cồng kềnh, thao tác chiếu không nhanh được. Với máy tính, có thể có hình ảnh trên màn hình tivi (đúng hơn là ống CRT - ống tia điện tử). Tuy nhiên màn hình tivi không thể to được còn màn hình to LCD (tinh thể lỏng) đắt và thường không đủ sáng.

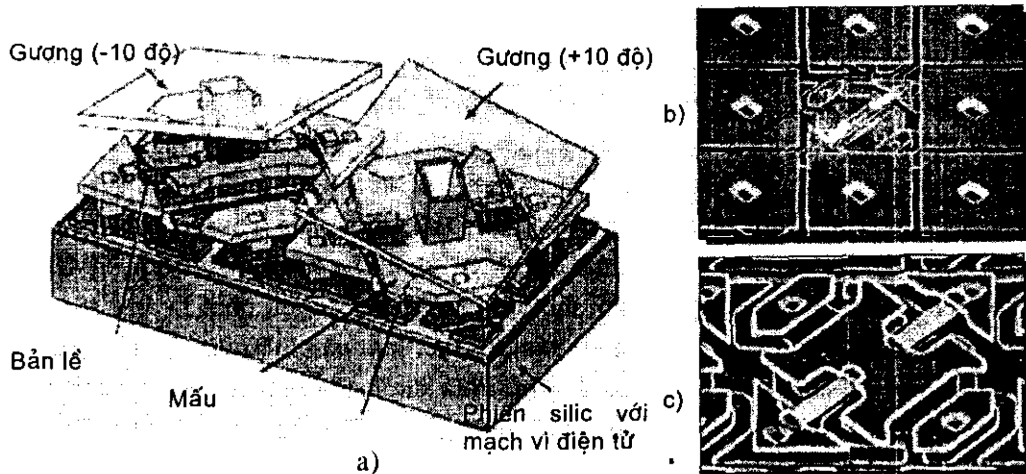
DMD bắt đầu từ ý tưởng dùng nhiều gương con, mỗi gương phản xạ một tia sáng mạnh trực tiếp chiếu lên màn ảnh (phông vải, tường trắng) tạo thành một điểm của ảnh. Tùy theo việc điều khiển góc quay nghiêng của các gương con như vậy tia sáng đến lúc phản xạ, lúc không phản xạ và trên màn ảnh sẽ có được các điểm ảnh sáng tối khác nhau, tạo nên hình ảnh. Năm 1987 - DMD đầu tiên ra đời nhưng đến 1994 các DMD của hãng Texas Instrument đã đạt trình độ cao chiếm lĩnh trường chiếu hình. Ta xét chi tiết hơn DMD loại chip đơn (single chip DMD): một đèn hồ quang xenon phát ra ánh sáng trắng và được lọc thành ba mầu cơ bản đỏ, lục, lam và chiếu vào DMD hình vuông, kích thước mỗi chiều cỡ 1,5cm. Phía dưới của hình vuông là phiến silic với chi chít mạch vi điện tử và các đường dẫn điện, phía trên hình vuông đó là 442.368 (gần nửa triệu) cái gương con mạ nhom, mỗi gương được điều khiển nghiêng qua nghiêng lại với góc nghiêng là -10^{o} hoặc $+10^{o}$. Hình 9.14 vẽ hai trong số gần nửa triệu gương đó. Mỗi tia sáng phản xạ từ một gương được hội tụ chiếu lên màn ảnh thành một điểm ảnh. Tùy thuộc việc điều khiển gương nghiêng qua nghiêng lại một cách thích hợp mà điểm ảnh chi chít trên màn ảnh chỗ sáng chỗ tối tạo nên hình ảnh.

Ta xét cụ thể hơn cấu tạo của DMD phổ biến hiện nay.

Hình vẽ sơ đồ hai gương trong hàng triệu gương của DMD. Mỗi gương là một hình vuông mỗi cạnh 4μm (diện tích mỗi gương là 16 micromet vuông).

Các gương con 4μm x 4μm này (bề rộng sợi tóc che kín 5 gương !) sắp thành hàng thành dãy tương ứng với các điểm ảnh trên màn hình. Mỗi gương như vậy lần lượt được ánh sáng các mầu chiếu đến và mạch vi điện tử ở phiến

silic ngay dưới gương điều khiển từng gương một nghiêng bên này hoặc nghiêng bên kia rất nhanh chiếu lên màn ảnh thành các điểm ảnh sáng tối với màu sắc tương ứng, nhờ đó ta nhìn thấy hình ảnh liên tục màu sắc đẹp đã rõ nét. Để thấy ảnh liên tục (thời gian lưu ảnh của mắt cỡ 1/24 giây) khi chiếu hình ảnh có màu, mỗi gương phải nghiêng qua nghiêng lại cỡ ngàn lần trong một giây. Thực tế chứng tỏ về điện, tần số làm việc đó không có gì khó khăn nhưng những vấn đề như mệt mỏi của vật liệu (thí dụ "lò xo" bản lề của gương phải uốn qua uốn lại nghìn lần một giây) cũng đều được giải quyết tốt,



DMD hoạt động hầu như không bị "già".

Hình 9.14: a- Hai trong số gần nửa triệu gương con của DMD. Mạch vi điện tử chế tạo trên phiến silic thông qua các tác động điều khiển từng gương quay hoặc nghiêng +10 độ hoặc nghiêng -10 độ để cho tia sáng đến gương phản xạ chiếu lên hoặc không chiếu lên màn ảnh. Kích thước mỗi gương 4 x 4 = 16μm^2.
b- Các gương con nhìn trên xuống (một gương bóc ra để thấy phía dưới). c- Các bộ phận vi cơ dưới một gương.

DMD giới thiệu ở trên thuộc loại chip đơn (tạo mầu theo kiểu lần lượt từng mầu) loại DMD chip ba (tạo mầu theo kiểu đồng thời ba mầu) có đến 2,3 triệu gương con, cũng được điều khiển nghiêng qua nghiêng lại cỡ hàng nghìn lần trong một giây.

DMD là một thí dụ về sự tích hợp kỳ diệu vi cơ điện quang khá phổ biến trên thị trường khoa học và giải trí hiện nay.

9.4.3. BỘ ĐỊNH TUYẾN QUANG HỌC

Ta biết rằng thông tin hiện đại sử dụng cáp quang để truyền tín hiệu đi xa, nhanh an toàn. Nhưng lưu lượng hàng ngàn tỉ bit thông tin trong một giây không phải luôn được truyền thẳng từ đầu này sang đầu kia của một sợi cáp quang. Có cả một mạng lưới các sợi cáp quang nối với nhau, thông tin được truyền đi, lúc rẽ sang sợi này, lúc rẽ sang sợi kia đi để đến địa chỉ cần chuyển tới. Ở nơi rẽ, rất thường gặp hiện tượng "thắt cổ chai" nghẽn đường truyền tương tự như hiện tương kẹt xe ở nút giao thông. Đó là vì phần tử mang thông tin truyền theo cáp quang là photon, trong cáp quang, photon chuyển động cực nhanh với tốc độ ánh sáng. Nhưng photon đang đi theo đường cáp quang này muốn điều khiển để rẽ sang đường kia (đổi tuyến) phải nhờ vào bộ định tuyến (router). Lâu nay bộ định tuyến đều làm việc theo nguyên tắc biến photon đến bộ định tuyến thành điện tử, dùng mạch điện tử để điều khiển cho điện tử rẽ nhánh, sau khi điện tử rẽ nhánh, lại biến điện tử thành photon để truyền vào đường cáp quang rẽ đi tiếp. Việc biến đổi quang thành điện rồi điện thành quang ở bộ định tuyến như vậy làm hạn chế tốc độ truyền thông tin. Thực tế thời gian biến đổi cho mỗi bit thông tin theo kiểu nói trên là vài nanô giây (1 nanô giây = 10^{-9} giây). Vì vậy khi lưu lượng thông tin lớn hơn gigabit/giây (1 gigabit = 10^{9} bit) thì đã bắt đầu bị chậm, bắt đầu thể hiện hiện tượng thắt cổ chai (bottleness) khi đi qua bộ định tuyến. Người ta đang tiến đến lưu lượng thông tin cỡ terabit/giây, có thế nhiều vấn đề thông tin, trao đổi mới thực thời được. Do đó phải tìm cách làm các bộ định tuyến hoạt động theo nguyên lý khác.

Công nghệ MEMS cho phép làm các bộ định tuyến hoàn toàn không có vấn đề chuyển quang sang điện rồi điện sang quang. Nguyên lý rất đơn giản . Người ta đặt các gương con ở đầu mút các sợi cáp quang chỗ cần rẽ nhánh. Các photon mang thông tin được truyền theo sợi quang khi đến gương con sẽ bị phản xạ. Tùy theo góc quay của gương, tia phản xạ sẽ chiếu vào đầu sợi quang này hay đầu sợi quang kia tức là photon rẽ đường đi theo cách phản xạ. Thực tế thông tin đang truyền theo tuyến này muốn chuyển sang tuyến kia thì chỉ cần mất thời gian 1/5000 giây để quay gương. Sau khi gương đã quay, các photon cứ phản xạ rẽ sang nhánh mong muốn hoàn toàn không mất thời gian chuyển đổi gì nữa. Nguyên lý thì đơn giản nhưng công nghệ chế tạo rất khó. Phải làm những gương phản xạ cực nhỏ, bố trí gần nhau và phải điều khiển

bằng điện để các gương này quay nhanh chóng (1/5000 giây) theo những góc nhất định. Việc chế tạo được một hệ rất nhỏ kết hợp điện và cơ này chính là thành tựu của công nghệ MEMS.

Thực tế Lucent Technologies, một đơn vị chủ lực của Bell Labs đã chế tạo được bộ định tuyến kiểu này, có tên là bộ định tuyến Lamda. Cụ thể như sau: Định tuyến dùng cho loại cáp quang, có 256 sợi quang. Bộ định tuyến có đầu vào phù hợp để nối với các đầu mút của 256 sợi quang xếp thành hình vuông, mỗi hàng có 16 chỗ để "nối" với các đầu mút của 16 sợi, có tất cả 16 hàng như vậy (16 x 16 = 256). Có 256 gương phản xạ, mỗi gương có vi động cơ để điều khiển cho gương quay. Vi động cơ có dạng hai lá mỏng hình chữ S dẫn điện. Khi có dòng điện chạy qua, từ trường dòng điện làm cho chữ S bị xoắn. Gương con gắn chặt với chữ S nên bị xoắn theo, tức là quay. Tùy theo dòng điện tác dụng, vi động cơ quay gương một góc nhất định và thời gian thực hiện thao tác này cỡ 1/5000 giây như đã nói trên.

Các tia phản xạ từ 256 gương con này sẽ đến các mút của các đầu sợi quang đi ra, chúng cũng nằm trên hình vuông 16 x 16 = 256 đầu mút.

Tất cả bộ định tuyến này đều được làm trên một mảnh silic, ngoài các quá trình khắc hình làm ra mạch vi điện tử để điều khiển còn có quá trình làm gương, làm vi động cơ, ban đầu trong mặt phẳng sau đấy dựng lên trong không gian.

9.4.4. LOC - PHÒNG THÍ NGHIỆM TRÊN MỘT CON CHIP

Đúng như tên gọi, LOC là ghép các chữ đầu của Laboratory On a Chip tức là cả một phòng thí nghiệm nằm gọn trên một con chip.

Xét cụ thể một LOC chế tạo theo công nghệ MEMS mà hãng STMicroelectronics (Ý) công bố vào đầu năm 2004; nhiệm vụ của LOC này là xét nghiệm phân tích gien.

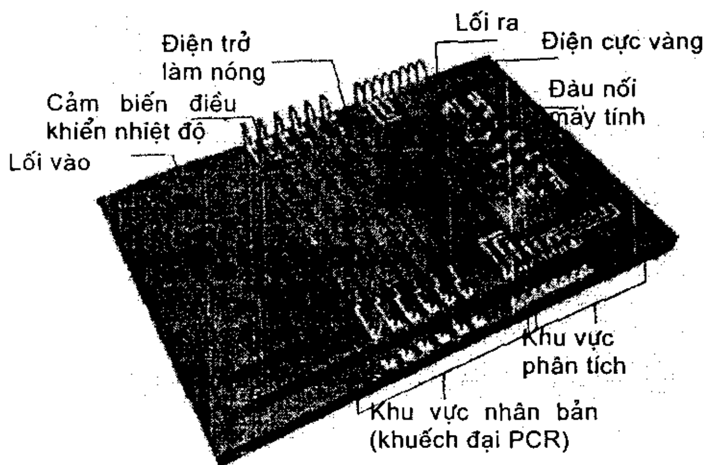
Ta biết rằng phân tích nhận dạng được gien là một việc rất quan trọng phải thực hiện nhiều quá trình của sinh học phân tử với nhiều loại thiết bị chính xác.

Ở quy trình phân tích gien sau khi lấy mẫu để phân tích gien tức là phân tích ADN, phải thực hiện quá trình PCR (Polymerase Chain Reaction) tức là chuỗi phản ứng trùng hợp nhằm nhân bản ADN cho có số lượng nhiều để dễ

phân tích. Muốn vậy người ta trộn mẫu ADN lấy được với ADN mồi (primer) và enzim trùng hợp. Nâng nhiệt độ hỗn hợp lên theo ba bước 94, 60 và 72^{0}C làm cho chuỗi xoắn kép ADN gốc tách ra và nhân bản lên nhờ có ADN mồi và enzim trùng hợp. Lặp lại chu trình nâng nhiệt độ theo ba bước đó nhiều lần, sau mỗi chu trình số ADN tăng lên gấp đôi (một thành hai, hai thành bốn, bốn thành tám ...). Sau 20 lần một phân tử ADN đã nhân bản thành 1 triệu phân tử ADN.

Sau khi đã nhân bản có được số lượng lớn ADN, dung dịch chứa ADN được đưa đến chỗ phân tích, nhận dạng. Ở đây có các chuỗi đơn ADN (từ chuỗi xoắn kép tách ra) đã biết trước (biết tên, tức là biết thứ tự ACGT) mỗi loại được gắn vào một đầu thử. Nếu ADN chưa biết cần phân tích (cũng được tách ra thành chuỗi đơn) phù hợp với ADN gắn ở đầu thử (cùng thứ tự ACGT) thì chuỗi đơn của chúng sẽ ghép nối được với chuỗi đơn ở đầu thử tạo thành chuỗi kép. Chiếu tia laze vào các đầu thử, căn cứ theo màu sắc huỳnh quang có thể biết được đầu thử nào có chuỗi xoắn đơn của ADN cần phân tích bám vào tạo thành chuỗi kép, tức là nhận biết được ADN cần phân tích.

Cả hai quá trình: nhân bản ADN cần phân tích cho có số lượng nhiều và nhận dạng tức là gọi được tên của ADN nhờ công nghệ MEMS có thể thực hiện được ở LOC nhỏ vẽ ở hình 9.15.



Hình 9.15: **Phòng thí nghiệm trên một con chip (LOC) để phân tích ADN**

Các bộ phận đều làm trên phiến silic. Ở diện tích làm PCR (nhân bản ADN) có một dãy 12 kênh nhỏ mỗi kênh 150 x 200 micromet ở bên trong silic. Các điện trở để làm nóng dung dịch chạy trong kênh cũng nằm trong silic. Dung dịch gồm hỗn hợp ADN cần phântích, ADN mồi và enzim được dẫn vào các kênh, ở đấy nhờ các điện trở, dung dịch được làm nónglên theo trình tự ba bước (94,60 và 72°C) và theo nhiều chu kỳ để nhân bản ADN lên nhiều lần. Sau đó dung dịch được đưa sang khu vực nhận dạng gọi tên, đã bố trí sẵn các đầu dò có gắn ADN biết trước. Các cảm biến sẽ trực tiếp theo dõi các chuỗi xoắn kép được hình thành ở đầu dò nào và thông tin được trực tiếp đưa vào máy tính. Việc so sánh, chỉ ra tên của ADN và các đặc điểm do chương trình xử lý cài đặt sẵn ở máy tính.

Nhờ LOC, phép phân tích ADN rất phức tạp có thể thực hiện ở hiện trường, trong quân sự và hình sự hiện nay rất hay dùng.

9.5. NEMS - HỆ NANÔ ĐIỆN CƠ

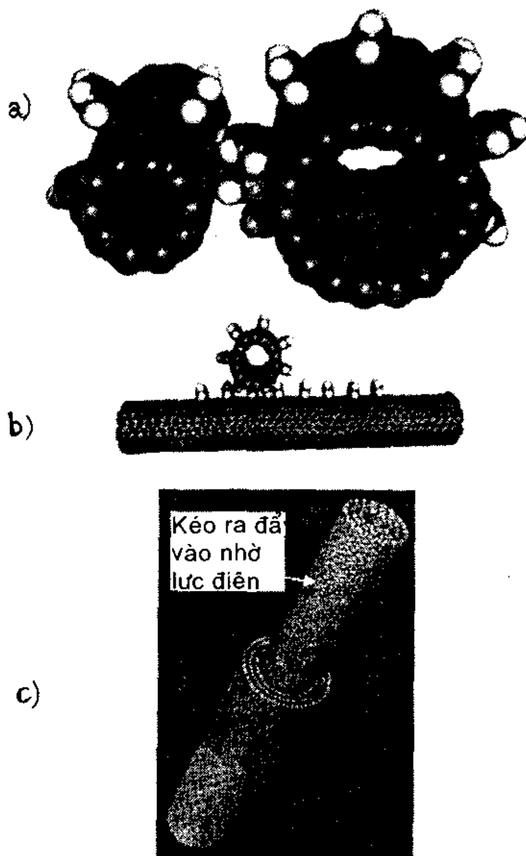
MEMS là hệ vi điện cơ thuộc kích cỡ micromet. Hệ vi điện cơ thuộc kích cỡ nanomét được gọi là NEMS (nanoelectromechanical system). Nhiều linh kiện NEMS đã được chế tạo thử trong phòng thí nghiệm nhưng NEMS được đưa ra sử dụng đi vào thị trường thì chưa được bao nhiêu.

Vì kích cỡ nanomet là kích cỡ của phân tử nên một xu hướng lớn của NEMS là bắt chước các phân tử có trong tự nhiên, đặc biệt là tự nhiên sinh học.

Ta xét một số thí dụ chung quanh các bộ phận để làm hệ nanô điện cơ.

9.5.1. TRỤC, Ổ TRỤC, BÁNH RĂNG

Ở kích cỡ nanô, một loại vật liệu thích hợp nhất để làm trục là ống nanô cacbon. Trên ống gắn thêm các phân tử, ống trở thành bánh răng, hai bánh răng ghép nhau có thể truyền chuyển động quay với tốc độ và chiều quay thay đổi (hình 9.16a). Có thể từ chuyển động quay chuyển sang chuyển động thẳng (hình 9.16b).



Hình 9.16: **Các chi tiết cơ làm từ ống nanô cacbon**

a. Bánh răng nanô làm từ ống nanô cacbon
b. Bánh răng và thanh răng truyền chuyển động thẳng thành chuyển động quay.
c. Pittông

- Pittông từ ống nanô cacbon nhiều vách, với các thao tác nanô kéo các ống trong ra một đoạn (hình 9.16c). Thôi không kéo ra nữa, lực van der Waals sẽ kéo các ống trong ngược lại, chui vào trong ống ngoài. Gắn thêm điện cực ở các đầu ống, tác dụng điện thế có thể làm cho ống trong và ống ngoài thụt ra thụt vào như ở ống bơm. Gắn thêm fulơren ở đầu ống trong, sẽ có được thực sự cái bơm nanô dạng như bơm xe đạp.

9.5.2. ĐỘNG CƠ NANÔ

Động cơ nanô là vấn đề rất hấp dẫn của NEMS và của công nghệ nanô nói chung. Những ý kiến khác nhau về "cỗ máy nanô" của Drexler cũng quy tụ về vấn đề: động cơ của những cỗ máy đó như thế nào? cung cấp năng lượng

cho động cơ chạy như thế nào? Đã có nhiều kiểu động cơ nanô đưa ra nhưng chưa có kiểu nào dễ triển khai ứng dụng. Chúng giống nhau ở chỗ về nguyên lý hoạt động rất khác với động cơ truyền thống kể cả động cơ ở MEMS.

Ta xét một số động cơ nanô công bố trong vài năm gần đây.

- **Động cơ kiểu ATPase**. Thật ra mỗi tế bào sống được cung cấp năng lượng bởi những phân tử có cánh dạng như tuabin, số lượng nhiều không kể xiết. Những tuabin nanô đó có tên là ATPase được bao bọc trong màng lipid tương tự như những tuabin thủy điện có đê đập bao quanh.

Khi một bên của màng lipid có nhiều proton (hạt nhân của hydrô) thì proton chạy qua ATPase và làm quay cánh của ATPase. Khi quay cánh như vậy ATPase làm cho ADP (adenosine diphosphate) chuyển thành ATP (adenosine triphosphate). Quá trình này cũng tạo ra năng lượng ở dạng hoá năng, duy trì sự sống cho tế bào.

Các nhà khoa học làm công nghệ NEMS rất chú ý đến cơ cấu, hoạt động của ATPase vì đó chính là một cái động cơ nanô có rất sẵn trong tự nhiên. Đường kính của động cơ này cỡ 12nm quay cỡ 17 vòng trong một giây. Khi có chênh lệch về proton, động cơ quay theo chiều kim đồng hồ, khi đã tạo ra được ATP động cơ quay ngược lại.



Hình 9.17: **Động cơ nanô ATPase**
a. Phân tử ATPase
b. Phân tử ATPase có gắn cần đẩy đặt trên đế niken

Các nhà nghiên cứu ở Đại học Cornell đã tách riêng ra một phân tử ATPase (hình 9.17) đặt lên một đế trụ bằng niken cao 20nm đường kính 80nm. Gắn vào giữa phân tử ATPase một cần đẩy cũng bằng niken đường kính 150nm và chiều dài 750 - 1400nm. Tất cả nhúng trong dung dịch ATP 2mM thì thấy rõ cần đẩy quay, chứng tỏ phân tử ATP quay. Vậy nếu nối được cần đẩy với một công cụ làm thao tác nanô có thể có được cỗ máy nanô.

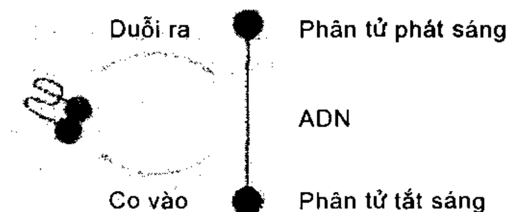
Động cơ nanô làm bằng ống nanô cacbon nhiều vách

Các nhà nghiên cứu ở Đại học California ở Berkeley lại làm được động cơ nanô có vẻ khoẻ, chắc chắn. Ống nanô cacbon nhiều vách được tách ra, lõi trong treo lên một đầu, còn ống ngoài ở đầu dưới được gắn với một mẩu lá vàng kích thước cỡ hàng nghìn lần nhưng không quan sát thấy hao mòn gì cả. Có thể xem đây là động cơ điện nanô, cả động cơ có kích thước 500nm tức là 30 lần nhỏ hơn đường kính sợi tóc.

Động cơ nanô làm bằng phân tử ADN

Các nhà khoa học ở Đại học Florida đã làm được động cơ nanô từ phân tử ADN đơn. Đây không phải là động cơ quay mà là động cơ co duỗi như là sâu đo . Đã có trước đây một số loại động cơ nanô làm bằng ADN nhưng là nhiều phân tử ADN, động cơ nanô nói ở đây đặc biệt mới là chỉ cấu tạo bởi một phân tử ADN.

Động cơ gồm một phân tử ADN một đầu gắn với phân tử hữu cơ phát sáng, đầu kia gắn với phân tử hữu cơ tắt sáng (hình 9. 18) . Với cấu tạo như vậy, và năng lượng lấy từ ánh sáng chiếu vào phân tử ADN lúc co vào lúc duỗi ra như kiểu chuyển động của con sâu đo.



Hình 9.18: **Động cơ nanô đơn phân tử ADN hoạt động co duỗi như sâu đo**

Các nhà khoa học đang tìm cách dùng chuyển động kiểu sâu đo này để đẩy một hạt nhỏ, nếu được thì đây chính là một cỗ máy nanô dùng năng lượng photon.

Như vậy là cỗ máy nanô mà Drexler nói, có rất nhiều trong tự nhiên nhưng đối với công nghệ NEMS chỉ mới là bắt đầu. Ước vọng làm các cỗ máy tí hon đi vào trong cơ thể, thí dụ đi theo mạch máu thấy tế bào nào hỏng thì sửa chữa tế bào đó, không phải là ước vọng viển vông không phải là hoàn

toàn phi thực tế. Một số ít động cơ nanô đã làm được, một số cảm biến và tác động nanô đã thử nghiệm, đã làm cho những người ủng hộ Drexler hy vọng. Tuy nhiên điều quan trọng không phải chỉ là chế tạo được động cơ nanô, chế tạo được cỗ máy nanô mà phải có cách để sao chép hàng loạt các cỗ máy nanô kể cả khả năng tự sao chép. Có làm được như vậy thì sản phẩm kết quả của từng cỗ máy nanô làm được thật là nhỏ bé nhưng hằng hà sa số cỗ máy nanô cùng làm một việc gì đó thì sản phẩm và kết qủa làm được thật vô cùng vĩ đại. Một lần nữa ta thấy những thành tựu của công nghệ NEMS hiện nay còn rất hạn chế.

*

* *

Như vậy NEMS đang ở giai đoạn nghiên cứu còn MEMS đã phát triển mạnh mẽ. Ta có thể tham khảo bảng thống kê sau đây do NEXUS công bố năm 1998 (http: //www. nexus - emsto.com), trong đó số liệu của 1996 là thực tế còn số liệu 2002 là dự báo.

Sản phẩm	1996 triệu chiếc	Trị giá (triệu đô)	2002 triệu chiếc	Trị giá (triệu đô)
Đầu ổ đĩa cứng	530	4500	1500	12000
Đầu máy in phun	100	4400	500	10000
Máy trợ tim	0,5	1000	0,8	3700
Chẩn đoán bệnh	700	450	4000	2800
Trợ thính	4	1150	7	2000
Cảm-biến áp suất	115	600	309	1300
Cảm biến hoá học	100	300	400	800
Tạo ảnh hồng ngoại	0,01	220	0,4	800
Gia tốc kế	24	240	9,0	430
Con quay	6	150	30	360
Cảm biến từ điện trở	15	20	60	60
Vi phổ kế	0,006	3	0,15	40
Tổng	**1595**	**13033**	**6807**	**34290**

Nhìn vào bảng ta thấy năm 1998 dự báo những sản phẩm của MEMS năm 2002 còn khá thấp so với thực tế và nhiều sản phẩm nổi trội của MEMS đã phổ biến ba bốn năm nay với giá trị hàng tỉ đô như linh kiện gương chiếu hình DMD, các bộ định tuyến quang học, các phòng thí nghiệm trên một con chip LOC. . . trước đây chưa ai dự đoán được.

Nhiều người nhớ lại khoảng 50 năm trước đây, khi tranzito mới ra đời thì một chiếc đài bán dẫn với 6 tranzito chạy pin là một niềm kiêu hãnh về hiện đại. Có thể .không lâu nữa nhìn một thiết bị có gắn vài bộ MEMS ta cũng có cảm tưởng như hiện nay nhìn vào chiếc đài bán dẫn có 6 tranzito !

Chương 10

CÔNG NGHỆ NANÔ PHÂN TỬ

Trong các chương trên, chúng ta tìm thấy nhiều hiện tượng, tính chất rất mới lạ của các hệ vật lý có kích thước dưới 100 nanomét (nm) được gọi là các cấu trúc nanô. Để tổng hợp, tạo ra các cấu trúc đó cần có các phương tiện kỹ thuật để "sắp đặt" đến từng nguyên tử, phân tử. Khả năng kỳ diệu này dẫn đến chỗ là ta có thể lắp ráp các nguyên tử, phân tử thành ra các linh kiện chức năng, các máy nanô. Chúng hoạt động như các linh kiện, các máy ở thang micro hoặc lớn hơn, chỉ khác là các máy nanô khó mà nhìn thấy được bằng mắt thường. Đã chế tạo được các động cơ, các đảo mạch, các tranzito v.v... ở kích cỡ nanô bằng việc sắp xếp, lắp ráp từ các phân tử. Lĩnh vực này của công nghệ nanô được gọi là công nghệ nanô phân tử (molecular nanotechnology).

Những thành tựu hiện đại của sinh học phân tử lại cho thấy rằng quá trình sâu nhất của sự sống là các quá trình phân tử bao gồm các quá trình lắp ráp, nhân bản... trong tế bào của các phân tử sinh học. Vậy có vấn đề đặt ra là công nghệ nanô phân tử liên quan với các quá trình sinh học phân tử, tức là sự sống như thế nào? Ở đây đang nảy ra một sự tranh luận, đối lập nhau, rất đáng chú ý.

Trong chương này sẽ giới thiệu một số điểm chủ yếu của các vấn đề nêu ra trên đây.

10.1. MÁY NANÔ PHÂN TỬ

Trong cuộc sống hàng ngày chúng ta quen thuộc với rất nhiều loại máy móc như động cơ, ôtô... và các linh kiện như đảo mạch, tranzito vv., chúng

đều có kích thước lớn, tối thiểu từ thang micromét trở lên. Nhờ sự phát triển công nghệ nanô người ta đã chế tạo ra những linh kiện, máy móc có thể hoạt động với chức năng như động cơ, chuyển mạch, tranzito..., nhưng với kích thước thuộc thang nanomét và gọi chúng là linh kiện nanô và máy nanô. Để chế tạo chúng chủ yếu dùng các phân tử đã được tổng hợp bằng các quá trình tổng hợp hoá học, bởi vậy gọi là ***máy nanô phân tử*** (molecular nanô machine). Vì các loại máy nanô phân tử mô phỏng chức năng của các "máy to" mà lại chỉ ở mức phân tử nên còn gọi là ***kỹ thuật bắt chước phân tử*** (molecular mimics). Phần các phân tử sinh học sẽ trình bày ở điểm 2.

a. Thiết kế, chế tạo máy nanô phân tử

Việc thiết kế các máy nanô phân tử phải dựa trên các tính chất của các phân tử, tương tác giữa chúng, các loại lực liên kết (van der Waals, liên kết ion, liên kết hyđro). Tuỳ theo chức năng của linh kiện hoặc máy nanô, cơ chế hoạt động của chúng mà lựa chọn loại phân tử, cơ chế cung cấp năng lượng để chúng hoạt động... (Bảng 1).

Bảng 10.1. Các thông số liên kết phân tử

Hợp chất	Liên kết	D (aJ)	k_S (N/m)	r_0 (10^{-10}m)
$H - C(CH_3)_3$	C - H	0,642	460	1,113
$H_2C = CH_2$	C = C	1,190	960	1,337
$HC \equiv CH$	$C \equiv C$	1,594	1560	1,212
$C_2H_5 - N(CH_3)_2$	C - N	0,498	510	1,438
$C_2H_5 - O(CH_3)$	C - O	0,564	536	1,402
$F - C_2H_5$	C - F	0,876	510	1,392
$H - N(CH_3)_2$	N - H	0,631	610	1,020
$H_2N - N(CH_3)_2$	N - N	0,405	560	1,381
$CH_3 - Si(CH_3)_3$	C - Si	0,616	297	1,880
$Cl - CH_3$	C - Cl	0,583	323	1,795

D - năng lượng cần để phá vỡ liên kết (aJ = 10^{-18}J)

k_s - hệ số đàn hồi của lực liên kết

r_0 - khoảng cách liên kết

Trong quá trình chế tạo, lắp ráp các máy nanô phân tử phải sử dụng các công cụ để thao tác từng phân tử một, như trình bày trong chương 4. Việc đo lường, kiểm tra và quan sát hoạt động của chúng được thực hiện chủ yếu bằng ***hiển vi quét đầu dò SPM*** (chương 4). Đặc biệt trong việc lắp ráp các phân tử còn có thể sử dụng tính chất "***tự lắp ráp***" ***của các phân tử*** (molecular self - assembly) mà ở thang micro trở lên không thể có.

b. Tự lắp ráp phân tử (molecular self assembly)

Trong chương 7 khi trình bày về điện tử học phân tử của công nghệ nanô có nói đến sự ***tự lắp ráp, sắp xếp của các phân tử*** và đặc biệt ở chương 8 trình bày tính tự lắp ráp của các phân tử sinh học. Đó là quá trình tự phát của các phân tử ***tự "tổ chức"*** từ một tập hợp hỗn độn thành một cấu trúc có hình dạng (pattern) xác định, bền vững. Quá trình chuyển trạng thái từ hỗn độn sang trật tự bằng tự tổ chức đã được nghiên cứu trong lý thuyết của các quá trình không thuận nghịch bởi nhà hoá học Prigogine (giải Nobel 1977). Sự tự tổ chức hoặc tự lắp ráp của các phân tử xảy ra phụ thuộc vào tính chất của các phân tử, lực tương tác giữa chúng, mức độ phi tuyến của quá trình nhiệt động tương ứng...

Tự lắp ráp phân tử là một dạng công nghệ chế tạo độc đáo của công nghệ nanô phân tử trong chế tạo các máy nanô phân tử, với các ưu việt: sản phẩm rất hoàn hảo, ít sai hỏng vì nguyên lý của quy trình dựa trên cực tiểu của hàm nhiệt động; cơ chế này không thể thay thế được trong việc chế tạo các cấu trúc xác định thuộc thang nanô, vì cấu trúc này còn quá lớn đối với việc lắp ráp từng nguyên tử (dùng liên kết đồng hoá trị) nhưng lại quá nhỏ đối với công nghệ chế tạo thuộc thang micro hiện nay trong chế tạo chip vi điện tử; rất hiệu quả vì không đòi hỏi các điều kiện đặc biệt nào. Tự lắp ráp, sắp xếp phân tử cũng đã được ứng dụng để chế tạo linh kiện, vật liệu trong một số trường hợp thuộc thang micro.

Trong công nghệ nanô phân tử đối tượng được chế tạo thuận lợi bằng quá trình tự lắp ráp phân tử là các ***lớp đơn phân tử*** (Self assembled monolayers - SAM), các lớp này cực mỏng có bề dày 1 - 2nm. Chúng có thể dùng làm thụ động hoá bề mặt để chống rỉ, dùng như các lớp cảm quang (photoresist) để khắc hình trong nhiều công nghệ in hình, trong đó có công nghệ làm khuôn (mask) cho mạch vi điện tử, đặc biệt lớp đơn phân tử được dùng rất thuận lợi để thao tác trên các mặt cong, dùng trong chế tạo các linh kiện quang học tạo

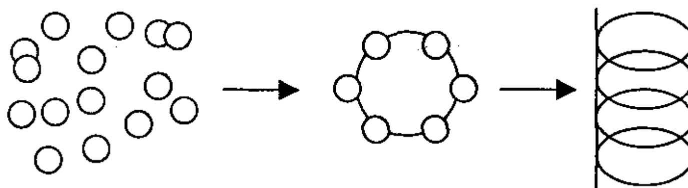
các lớp tiếp xúc tinh vi và các cách tử nhiễu xạ...

Cơ chế tự tổ chức, tự lắp ráp phân tử còn được ứng dụng rất có hiệu quả để chế tạo các loại ống nanô. Trong các quy trình chế tạo ống nanô cácbon, một loại đối tượng vật lý kỳ diệu hiếm có, có một quy trình đơn giản là nghiền bi bột graphit (than chì). Cuối cùng trong bột xuất hiện các ống nanô cácbon thường là loại nhiều lớp (Xem chương Fuloren và ống nanô cácbon). Chỉ có thể giải thích kết quả này bằng cơ chế tự lắp ráp. Thực ra không phải chỉ xảy ra với ống nanô cácbon. Người ta còn có thể điều khiển quá trình tự lắp ráp thành ống nanô của nhiều loại phân tử các chất khác (http: // www. purdue. edu/, 16 - 4 - 2001). Quá trình thường gồm hai bước. Bước thứ nhất: với sự lựa chọn phân tử thích hợp và môi trường tương ứng các phân tử sẽ tự kết nối với nhau (hoặc bằng lực ion, hoặc bằng lực van der Waals, liên kết hyđro) thành các vòng nanô phân tử với kích thước của vòng như nhau. Bước thứ hai các vòng đó tự chồng lên nhau để tạo ra thành các ống nanô phân tử (H.1). Bằng cách này có thể tạo ra các loại ống nanô có những tính chất rất độc đáo, ví dụ tạo ra loại ống nanô mà phía trong kị nước còn phía ngoài lại rất dính nước.

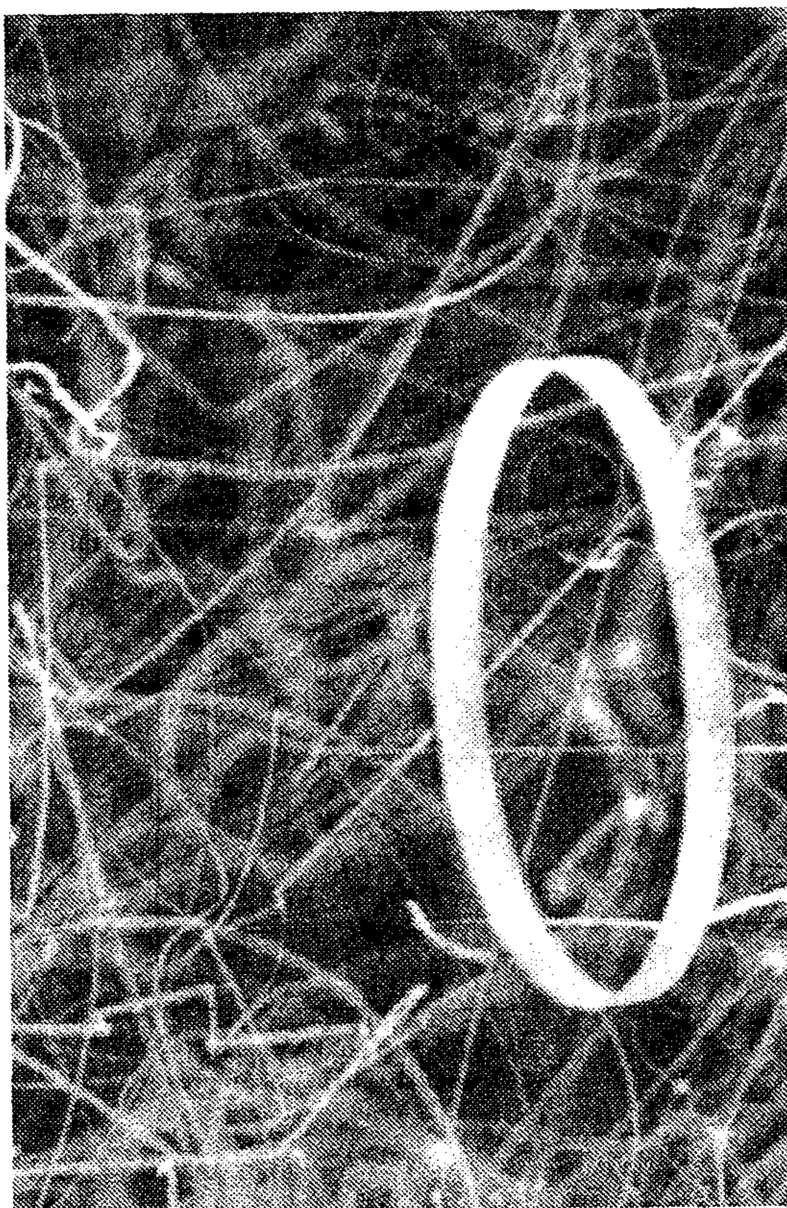
Cách chế tạo ống nanô bằng cơ chế tự lắp ráp này cho phép chế tạo hàng loạt rẻ tiền và khối lượng lớn loại vật liệu rất kỳ lạ này.

Mới đây nhất, còn chế tạo được lần đầu tiên, "nhẫn nanô" theo cơ chế tự lắp ráp. các phân tử oxyt kẽm tự xếp thành sợi đơn tinh thể, sợi nanô này lại tự cuộn lại thành nhẫn. Nhẫn nanô này có đường kính 1-4 micron và chiều ngang từ 10 đến 30 nm, có triển vọng được dùng làm nhiều loại linh kiện kỳ diệu, vì nhẫn này vừa có tính bán dẫn vừa có tính áp điện. Biết đâu nhẫn nanô lại chẳng trở thành "chúa tể các loại nhẫn".

Trên hình 2 cho thấy một phân tử được tự lắp ráp với các nguyên tử lưu huỳnh bám vào 2 điện cực là hai sợi vàng. Các sóng điện tử ở phía trên và dưới phân tử tạo ra tiếp xúc điện nhỏ nhất "chỉ bởi một phân tử".



Hình 10.1a: **Quá trình tự lắp ráp phân tử → vòng phân tử → ống nanô**



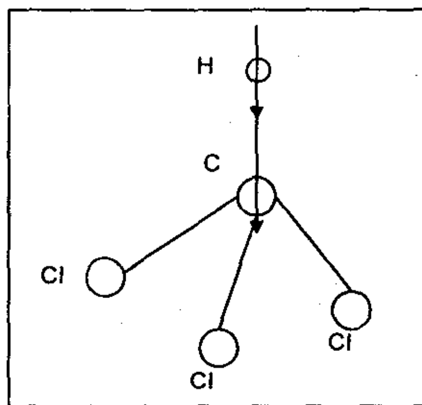
Hình 10.1b: **Nhẫn nanô**



Hình 10.2

c. Các phân tử có cấu trúc đặc biệt

Có nhiều phân tử có cấu trúc với nhiều tính chất thuận lợi có thể dùng ngay được làm các linh kiện hoặc máy nanô. Ví dụ phân tử chloroform có thể dùng để biểu diễn 2 bit lượng tử (qubit) hoạt động cho máy tính lượng tử thử nghiệm (Hình 3).

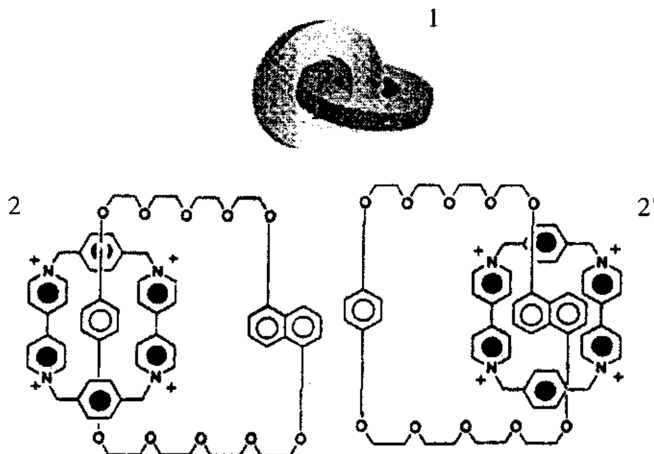


Hình 10.3: **Phân tử Chloroform $HCCl_3$ với hai spin hạt nhân ghi 2 qubit**

Trong các chương về "Nanô điện tử" và "Công nghệ nanô trong y sinh học" đã trình bày nhiều loại máy nanô dùng trong kỹ thuật điện tử và trong y sinh học, dưới đây giới thiệu một số loại phân tử đã được nghiên cứu, "lắp ráp" thành các máy nanô.

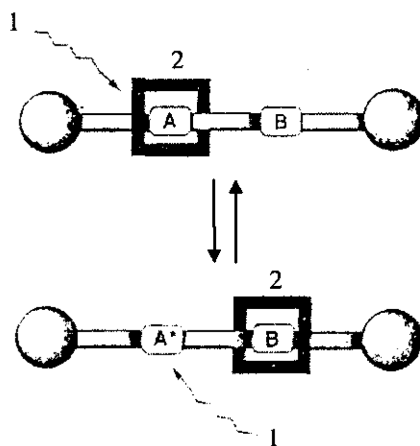
- Phân tử catenane

Đó là phân tử gồm các vòng móc vào với nhau mà chỉ có thể tháo ra bằng cách "chặt đứt" ra, khi chỉ có 2 vòng móc nhau gọi là [2] catenane. Nếu có nhiều vòng móc nhau như cái xích gọi là polime catenane. Các vòng này có cấu trúc phân tử không giống nhau (xem hình vẽ 4).



Hình 10.4: **Mô hình [2] catenane; 2, 2' - Hai phân tử [2] catenane đồng phân**

Trên hình 4 chúng ta thấy tùy theo vị trí của vòng thứ hai đối với vòng thứ nhất mà ta có hai đồng phân 2 và 2' khác nhau. Bởi vậy nếu bằng tín hiệu tác động làm cho một vòng chuyển động trượt dọc theo vòng kia thì phân tử catenane đã chuyển từ dạng đồng phân 2 sang dạng đồng phân 2'. Đó chính là một ***máy đảo mạch nanô*** có chức năng đảo mạch 2 ↔ 2'.



Hình 10.5a: **Mẫu hình phân tử rotaxane con thoi**

1- Tác động ngoài

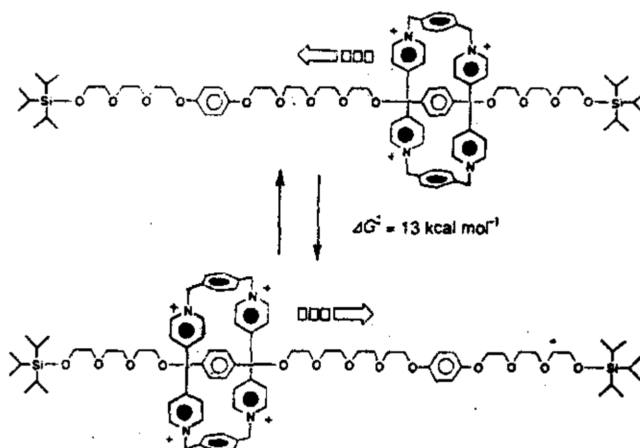
2- Vòng phân tử trượt giữa 2 vị trí A, B

Hiện đã chế tạo được nhiều dạng phân tử catenane thực hiện chức năng đảo mạch.

- ***Rotaxane*** là loại phân tử rất đặc sắc, nó có cấu trúc gồm một

vòng lồng vào một trục mà vòng này có thể trượt giữa hai vị trí trên trục khi có tác động ngoài, như một con thoi. Mẫu hình của rotaxane "đưa thoi" cho trên hình 5a.

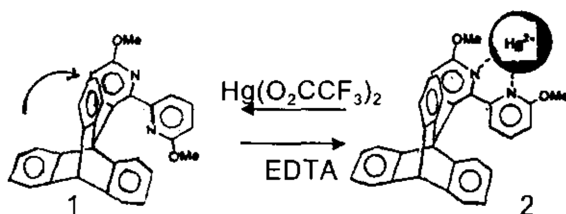
Cấu trúc phân tử của rotaxane trình bày trên hình 5b, khi "đưa thoi" cần một năng lượng ΔG = 13Kcalo/mol = $0{,}906.10^{-19}$j/phân tử = 0,566eV.



Hình 10.5b: **Cấu trúc phân tử và quá trình "đưa thoi" của rotaxane**

Động tác đưa thoi của rotaxane có thể ứng dụng như một ***đảo mạch*** giữa 2 trạng thái A và B, cũng có thể ứng dụng để ***ghi một bit*** thông tin.

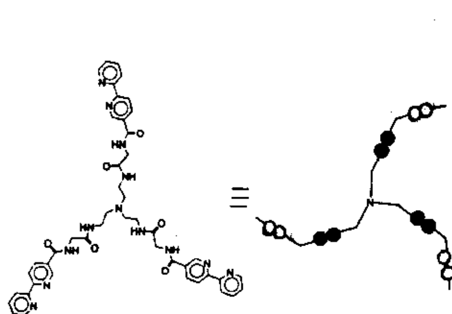
- ***Tripticene: động cơ và phanh phân tử.*** Phép đo cộng hưởng từ hạt nhân phát hiện "ba cánh" của bánh xe tripticene quay rất nhanh xung quanh một trục chính là liên kết của tripticene với bipyridine như trên hình vẽ 6. Khi thêm vào hợp chất trifluoroacetate ($Hg(O_2CCF_3)_2$) ion Hg^{2+} sẽ liên kết với hai nguyên tử N của bipyridine có tác dụng như cái ***phanh phân tử*** hãm vòng bánh xe tripticene không quay được, nếu lại thêm chất ethylene diamine tetra acetic (EDTA) thì ion Hg^{2+} được giải tỏa và phanh bị mở, bánh xe triptixene lại quay. Hình minh họa trình bày trên hình vẽ 6.



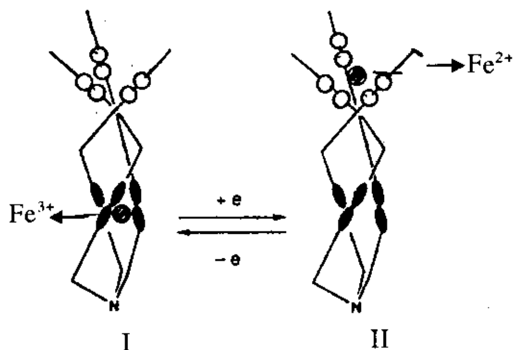
Hình 10.6:

1- Phanh mở, động cơ quay
2- Phanh hãm, động cơ dừng quay

- ***Phân tử xoắn*** gồm có hydroxamate ba nhánh mà mỗi nhánh nối thêm một đuôi bipyridyl như trên hình 7a. Khi cho ion Fe^{3+} tác động thì phân tử có trạng thái I với ba đuôi "cứng" xoắn quanh ion này. Nếu dùng axit ascorbic để chuyển ion Fe^{3+} thành Fe^{2+} và phân tử chuyển sang trạng thái II với 3 đuôi "mềm" xoắn quanh ion này, như minh họa trên hình 7b. Ion Fe^{3+} lại phục hồi khi cho tác dụng persulfate ammonium.



Hình 10.7a: **Cấu trúc phân tử của hydroxamate có 3 đuôi**



Hình 10.7b: **Chuyển mạch từ I → II có màu: trạng thái I có màu nâu nhạt; trạng thái II có màu tía thẫm**

Những kết quả nghiên cứu mới đây đã phát hiện rất nhiều phân tử có thể sử dụng để lắp ráp thành nhiều loại máy nanô có chức năng ngày càng phức tạp. Đặc biệt trong lĩnh vực các phân tử sinh học (biological molecules), việc mô phỏng chúng đã mang lại rất nhiều triển vọng về các máy nanô phục vụ y học và nhiều ngành quan trọng khác.

10.2. MÁY NANÔ PHỎNG THEO PHÂN TỬ SINH HỌC

Trong chương " công nghệ nanô trong y sinh học" đã trình bày nhiều thí dụ ứng dụng các tính chất của phân tử sinh học, đặc biệt là các lipit, protein, phân tử ADN..., để lắp ráp các loại máy nanô nhằm mục đích phục vụ chữa bệnh, linh kiện, cảm biến và máy điện toán... Thực ra bản thân các phân tử sinh học đều là các ***máy nanô tự nhiên*** trong các cơ thể sống. Mỗi phân tử lipit, protein, ADN... đều có những chức năng hết sức tinh vi và phức tạp bảo đảm cho một cơ thể phát triển, tiến hoá theo một chương trình vừa rất chặt chẽ vừa có tính thích nghi cao mà lại biết "học"...

10.2.1. NHỮNG NGUYÊN LÝ CỦA SỰ TỰ LẮP RÁP THEO CÁC PHÂN TỬ SINH HỌC

Để chế tạo các máy nanô phỏng theo các phân tử sinh học, trước hết phải dựa vào các nguyên lý sau đây.

a) Chủ yếu dựa trên các loại liên kết thuận nghịch, yếu như liên kết van der Waals, ion và hydro, lắp ráp các đơn vị phân tử thành các hệ cấu trúc bền vững.

b) Cấu trúc của máy nanô, là sản phẩm cuối cùng của quá trình tự lắp ráp, tương ứng với cực tiểu của thế nhiệt động biểu hiện sự cân bằng giữa những liên kết nói ở điểm a).

c) Cấu trúc có năng lượng cực tiểu này được xác định bởi các tính chất của các đơn vị cấu trúc thành phần.

d) Số lượng các loại đơn vị cấu trúc thành phần cần ít (ví dụ: trong ADN chỉ có 4 loại để lắp thành các cặp đôi) để đơn giản hoá quá trình xử lý thông tin tìm ra dạng cấu trúc cuối cùng.

e) Đơn vị cấu trúc thành phần có thể nhỏ và dễ tổng hợp, do đó cho phép sắp xếp từng nguyên tử ở mức lắp ráp phân tử.

Trong tự nhiên sự sống vô cùng phong phú, đa dạng, tuy nhiên mọi tổ chức trong cơ thể sống đều có các ***khối xây dựng cơ bản*** (fundamental building block) hoặc ***đơn nguyên*** giống nhau, đó là: các loại ***phân tử axit nhân*** (nucleic acids), protein và lipit. Quá trình lắp ráp các đơn nguyên thành máy móc sinh hoá ở thang nanô (tức là máy nanô sinh học) là nền tảng của chức năng tế bào. Ngày nay nhờ những công cụ tối tân khảo sát (như hiển vi SPM) và thao tác nanô (mũi dò SPM, chùm laze...) đã bước đầu hiểu được cơ chế và đánh giá được một số tính chất, chức năng của các máy nanô sinh học đó.

Các axit nhân có chức năng tạo lập môi trường thông tin và xây dựng hệ mã di truyền. Chúng cũng có thể cuộn lại thành các cấu trúc phức tạp với các chức năng sinh hoá riêng. Các ***phân tử protein trong nhân*** lại có chức năng của "phần cứng" thực hiện theo các thông tin di truyền mã hoá.

Các lipit phôtpho lưỡng tính (amphiphilic phospholipid) có chức năng tự lắp ráp để phân lập các cấu trúc của tế bào. Các lớp đôi của lipit photpho có vai trò của lớp tiếp giáp mà trên đó phần lớn các quá trình sinh học xảy ra.

Các phân tử protein (trong cơ thể người có hàng trăm ngàn loại protein khác nhau) thực hiện phần lớn các chức năng của các hệ thống sinh học (biological systems). Các enzim có chức năng xúc tác cho hàng loạt các phản ứng khác nhau, tạo ra các kênh để điều khiển các dòng ion vận chuyển từ bộ phận này sang bộ phận khác của tế bào.

Sự phỏng theo các tính chất trên đây của các phân tử sinh học để chế tạo các linh kiện, máy nanô phân tử sẽ được trình bày dưới đây.

10.2.2. PHỎNG THEO MÁY NANÔ PHÂN TỬ SINH HỌC

Dựa vào các tính chất của các phân tử sinh học có chức năng như các máy nanô phân tử, có thể thiết kế chế tạo được các linh kiện, cấu trúc nanô, thực hiện các chức năng xác định. Trong quá trình lắp ráp chúng có thể dùng vật liệu nanô là các phân tử axit nhân, protein, lipit tự nhiên. Trong quá trình sử dụng các phân tử sinh học để chế tạo các linh kiện, máy nanô phỏng theo chúng, cần chú ý các điểm sau đây:

a) Thành phần hoá học hiển nhiên có ảnh hưởng quyết định đến cấu trúc của các protein và axít nhân, nhưng môi trường xung quanh cũng có tác động tinh vi và nhiều khi rất quan trọng đối với cấu trúc của chúng. Các thành phần hoá học của dung dịch lỏng với các nồng độ khác nhau cũng có ảnh hưởng quyết định đến cấu trúc chi tiết của các phân tử sinh học ở trong dung dịch đó.

b) Các vật liệu sinh học thường rất "nhậy cảm", nhiều khi vì những tác động tinh vi có thể thay đổi chức năng, vượt ra ngoài phạmvi thông thường. Ví dụ các enzim thường có chức năng xúc tác, nhưng cũng có thể tham gia các quá trình khác như khuếch tán, điều hòa, biến đổi hình thể v.v... Đặc biệt là khi sử dụng các vật liệu sinh học vào các mục đích công nghệ, trong môi trường phi sinh học, thì vấn đề kiểm soát được hành vi của các phân tử sinh học trở nên mấu chốt.

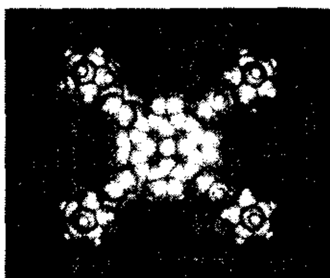
c) Khi lắp ráp chế tạo các máy nanô phỏng theo các phân tử sinh học, ngoài việc sử dụng một số phân tử sinh học có thể phải sử dụng phối hợp các cấu trúc nanô phi sinh học. Do đó việc rất cần thiết là phải có đủ hiểu biết về mối quan hệ tương tác giữa các phân tử sinh học và các cấu trúc nanô phi sinh học.

Trong chương 8 đã giới thiệu các loại linh kiện, máy nanô phỏng theo

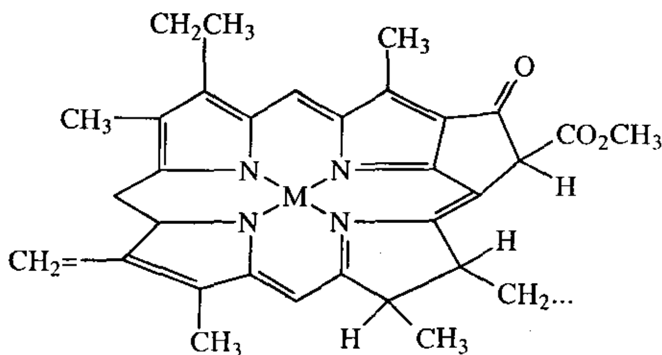
máy nanô phân tử sinh học trong lĩnh vực y sinh học; các màng lipit hai lớp kết hợp với các protein tạo thành các cảm biến nanô sinh học độ nhậy cao, các protein ATPase làm các động cơ nanô, màng lipit hai lớp điều khiển dòng ion, máy điện toán ADN, các máy phát hiện virut bằng ADN v.v..., các máy nanô chuyển thuốc đến địa chỉ xác định trong cơ thể v.v...

Việc nghiên cứu thiết kế chế tạo các máy nanô phỏng theo các phân tử sinh học đang là một hướng phát triển công nghệ nanô hết sức sôi động hiện nay. Ngoài các loại đã trình bày ở trên dưới đây xét thêm một số loại có các tính năng rất có triển vọng được dùng trong lĩnh vực tính toán.

Phân tử porphyrin. Đây là nhóm các loại phân tử hữu cơ chứa trong chất lục diệp (chlorophyll) trong lá cây, có vai trò quan trọng trong quá trình quang hợp của thực vật, trong hồng cầu... Mô hình của phân tử porphyrin cho trên hình 8a. Cấu trúc phân tử ở hình 8b, gồm một vòng to có 4 vòng pyrolle (mỗi vòng pyrolle có 4 nguyên tử cacbon và 1 nguyên tử N) và 1 nguyên tử kim loại ở trung tâm.

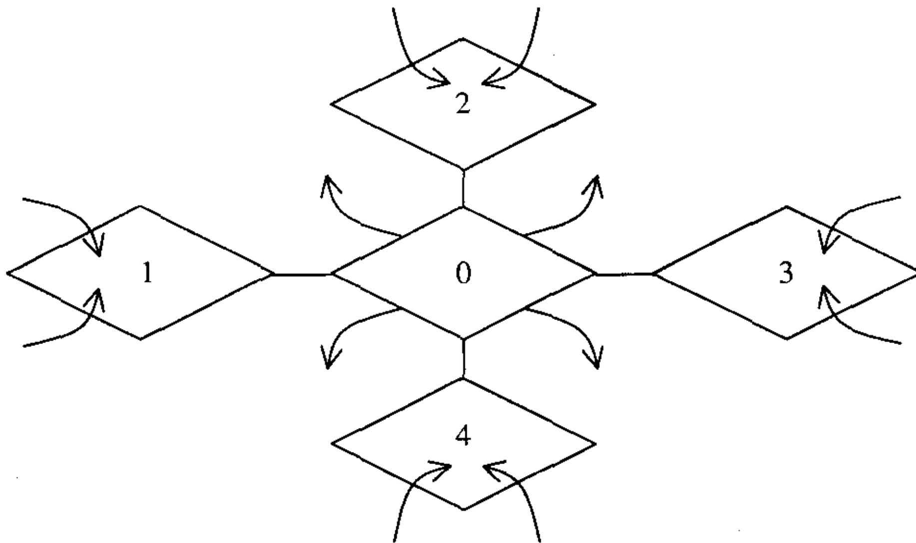


Hình 10.8a: **Mô hình phân tử porphyrin**



Hình 10.8b: **Cấu trúc phân tử porphyrin**

Trong chất lục diệp, nguyên tử kim loại là Mg, trong hồng cầu là Fe, trong các chất khác là các nguyên tử kim loại khác. Bộ năm (pentamer) các phân tử porphyrin liên kết như trình bày trên hình 9, có tính năng khá độc đáo. Các phân tử bên ngoài (1 - 4) tiếp thu ánh sáng xanh nhạt, truyền năng lượng đến phân tử ở giữa (0) làm cho phân tử này phát quang ánh sáng đỏ.



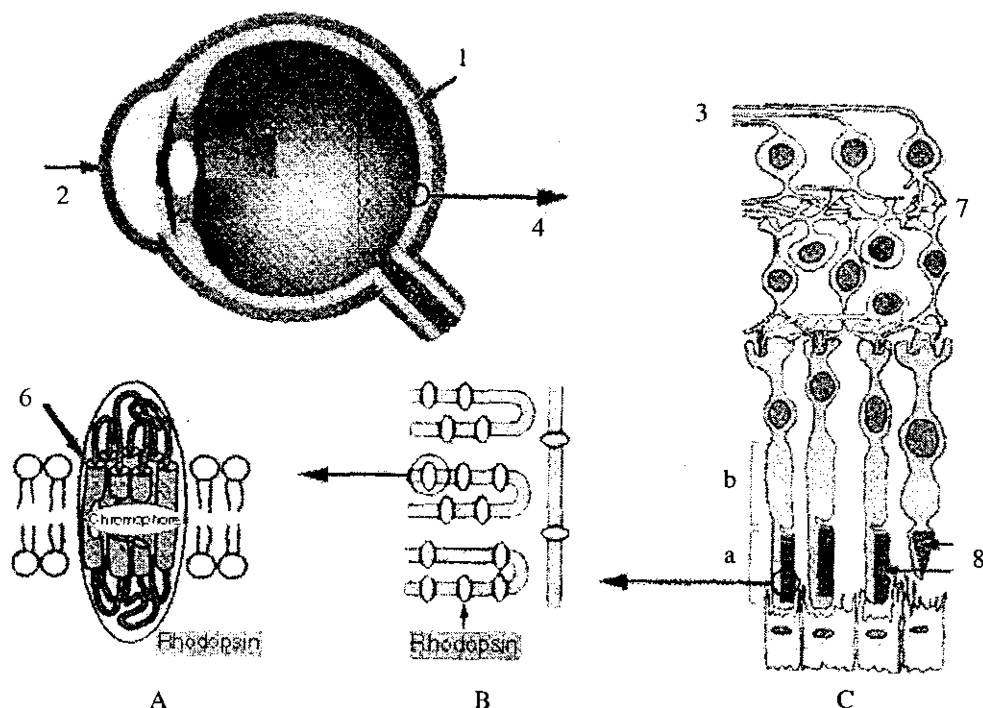
Hình 10.9: **Bộ năm phân tử porphyrin**

Như vậy bộ 5 phân tử porphyrin có tính năng của một máy nanô phân tử ***xử lý tín hiệu quang.***

Phân tử porphyrin đang là đối tượng nghiên cứu rất mạnh nhằm ứng dụng trong các lĩnh vực như nhận dạng phân tử, quang hợp, vận chuyển điện tử do cảm ứng quang (photoinduced electron transfer) v.v...

Phân tử bacteriorhodopsin. Rhodopsin là chất protein ở trong màng của tế bào cảm quang (photoreceptor) ở võng mạc mắt, nó có tác dụng xúc tác trong bước cảm thụ ánh sáng của sự nhìn. Khi ánh sáng được hấp thụ, các phân tử rhodopsin biến dạng và dẫn tới một dãy các phản ứng để cuối cùng tạo ra xung thần kinh truyền qua các dây thần kinh quang học dẫn tới não bộ (hình 10).

Chất rhodopsin cũng có trong màng tế bào của các vi khuẩn, đặc biệt trong vi khuẩn Halobacterium salinarium được gọi là ***bacteriorhodopsin (BR)***. Chất BR có phản ứng nhanh (thuộc thang femto-giây: 10^{-15} sec) với ánh sáng bằng sự biến đổi cấu hình của phân tử BR. Một dạng cấu trúc của BR cho trên hình 11.



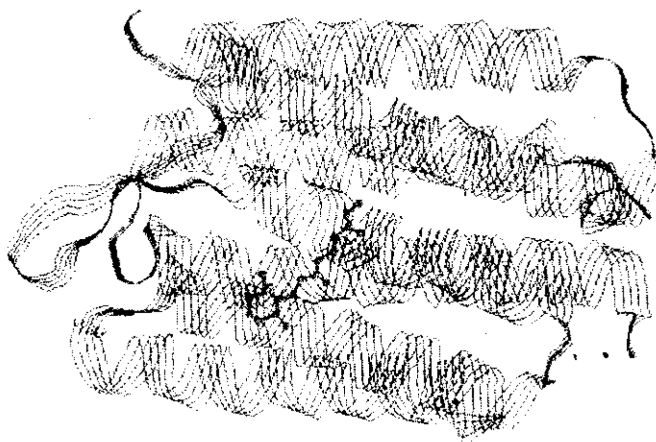
Hình 10.10: **Mắt người và protein rhodopsin**

Võng mạc
Tia sáng
Dây thần kinh quang học
Điểm vàng
Thủy tinh thể (thấu kính)
Phân tử dạng xoắn lò xo

Các nơron
Các protein nhạy sáng
Bộ phận ngoài tế bào thụ cảm ánh sáng.
Bộ phận trong tế bào thụ cảm ánh sáng.
Các protein nhạy sáng
Cấu trúc tế bào thụ cảm ánh sáng hình trụ
Võng mạc

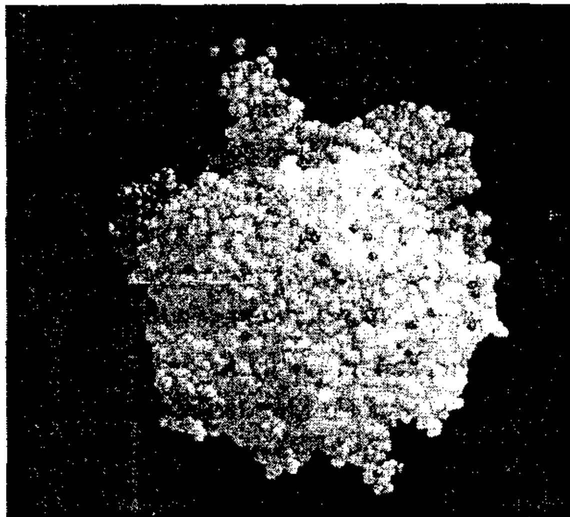
Chất BR hiện đang được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực: xử lý dữ liệu quang (chuyển mạch quang học, xử lý toàn ảnh (holograph), lưu trữ thông tin - bộ nhớ), cảm biến quang, quang phi tuyến v.v... Các phân tử BR có thể chuyển mạch quang học kiểu hai trạng thái đỏ ↔ xanh lam, xử lý 1 bit cần nhóm gồm 10.000 phân tử BR, thời gian đảo 500 femto - giây... Loại vật liệu BR đã được chế biến và thương mại hoá bởi một hãng của CHLB Đức.

Theo B.C. Crandall đã có kết quả của nhà nghiên cứu Birge thành công với bộ nhớ BR chứa 18 gigabytes trong một linh kiện khoảng 5cm^3, triển vọng có thể nâng lên tới 512 gigabytes.



Hình 10.11: **Một dạng cấu trúc của phân tử bacteriorhodopsin**

Phân tử F_1 - ATPase. Như đã giới thiệu trong chương 8, trong cơ thể người nguồn năng lượng sơ cấp cung cấp cho các tế bào hoạt động là loại protein có tên là ***adenosine triphosphate*** viết tắt là ATP. Các protein ATP được tổng hợp từ adenosine biphosphat (ADP). Quá trình tổng hợp này được thực hiện bởi một loại protein thứ ba có tên là ***ATPase***. Trong ATPase có một bộ phận đặc biệt gọi là F_1 - ATPase có chức năng như một động cơ quay trong quá trình tổng hợp. Nếu tách riêng F_1 - ATPase ra khỏi ATPase và cung cấp năng lượng từ ATP thì nó có thể quay. Khi có tải F_1 - ATPase đạt tốc độ 3 vòng trong 1 giây đồng hồ và sinh ra lực lớn hơn 100 pico - Niutơn. Phân tử F_1 - ATPase là máy nanô (động cơ) có cấu trúc trình bày trên hình 12.



Hình 10.12: **Phân tử F_1 - ATPase**

Đây là một loại

"thiết bị" có đường kính 12nm có thể làm cho các cấu trúc cơ điện tử hoạt động liên tục trong cơ thể người vì trong cơ thể người có sẵn nguồn ATP. Các cảm biến y sinh kết hợp với F_1 - ATPase sẽ hoạt động không cần nguồn năng lượng bên ngoài khi ***cấy thẳng vào trong cơ thể*** để liên tục theo dõi được các thông số sức khoẻ. Thiết bị này đặc biệt cần cho các phi hành gia trên tàu vũ trụ.

Như đã nhận xét, đây là hướng nghiên cứu đang rất sôi động, thường xuyên trên các tạp chí, internet có thông báo về sự thành công trong lắp ráp phỏng theo các phân tử sinh học nhiều loại máy nanô phân tử mới. Tuy nhiên cho đến nay vẫn ***chưa xuất hiện máy nanô phân tử có khả năng tự nhân bản*** (replicator) hoặc các ***máy nanô phân tử có chức năng lắp ráp*** (assembler). Dưới đây sẽ nói đến các loại máy nanô có tính năng như vậy trong tự nhiên, tức là trong các tế bào của sự sống.

10.3. "NANOBOT' CỦA TỰ NHIÊN

Để cổ động cho công nghệ nanô, 1986 K. Eric Drexler, nhà khoa học Mỹ đã viết cuốn sách gây chấn động trong giới chuyên gia, nhà khoa học. Trong tác phẩm ấy, có tên là "***Các cỗ máy sáng tạo***" (Engines of Creation), tác giả đưa ra nhiều ý tưởng rất mới mẻ giới thiệu những tiềm năng to lớn, sẽ làm đảo lộn thế giới này, của công nghệ nanô. Độc đáo nhất, phải nói là tác giả đưa ra quan niệm một loại ***máy nanô toàn năng***. Đó là một máy nanô phân tử (mắt thường không nhìn thấy), do các phân tử lắp ráp thành. Máy này có khả năng tuyệt vời trong việc lắp ráp gọi là ***máy lắp ráp*** (assembler). Muốn có một sản phẩm gì, chỉ cần có bản ***thiết kế cấu trúc*** và ***bản thiết kế thi công*** giao cho nó bằng công cụ của CNTT (vì bản thân máy lắp ráp này cũng là một siêu tính) thì nó sẽ ***tự lựa chọn các nguyên tử, phân tử thích hợp, có sẵn trong tự nhiên và lắp thành sản phẩm cần thiết.***

Nếu sản phẩm ta cần lại to lớn như kim tự tháp và vạn lý trường thành thì sao? Chẳng sao cả (!) Máy lắp ráp toàn năng ***trước tiên phải tự lắp ráp ra chính nó***, khi đó gọi nó là ***máy tự nhân bản*** (replicator). Như vậy số máy lắp ráp sẽ nhanh chóng tăng lên hàng tỉ tỉ... Với một ***số lượng không hạn chế*** các máy lắp ráp như vậy thì việc gì cũng phải xong. Loại máy lắp ráp toàn năng như trên ngày nay được gọi là ***nanobot*** (loại người máy - robot - đặc biệt sinh

ra từ công nghệ nanô). Nhiều ý kiến phản bác cho rằng nanobot chỉ là từ đầu óc viễn tưởng. Tuy nhiên lại không chứng minh được, bằng cơ sở khoa học, rằng nanobot không khả thi. Trái lại, những người ủng hộ "trào lưu" nanobot lại có chứng cớ thực tế rằng đã tồn tại nanobot ngay trong cơ thể chúng ta nói riêng và trong quá trình của sự sống nói chung.

Sự phát triển của sinh học phân tử, quả thực đã chứng minh rằng sự phát triển của mọi sinh vật, từ con virút đến cây cối, động vật và con người đều tồn tại nhờ hoạt động của các ***máy nanô phân tử***, tức là ***nanobot của tự nhiên***. Dưới đây xin nêu lên vài ví dụ nanobot của tự nhiên mà sinh học phân tử đã phát hiện. Những tri thức về các loại nanobot tự nhiên này đã trở nên phổ thông và có trong giáo trình của chương trình trung học phổ thông.

10.3.1. BỘ GIEN VÀ AXÍT NHÂN ADN

Trong chương 8 đã trình bày cấu trúc của axít nhân ADN là một dải xoắn kép, trên đó ghi toàn bộ thông tin về quá trình phát triển của sinh vật. Có thể thấy bộ gien (genome) là một nanobot có các chức năng như sau:

a) Đó là một cơ sở dữ liệu về toàn bộ quá trình phát triển từ khi sinh ra đến khi chết của một sinh vật.

b) Đó là một máy ***tự nhân bản*** kỳ diệu. Ví dụ một người bắt đầu bằng một tế bào, nghĩa là chỉ có một bộ gien. Số tế bào cứ nhân lên là do ***bộ gien tự nhân bản*** lên, vì phải có bộ gien mới thì mới có tế bào mới. Người trưởng thành có 10^{14} tế bào (một trăm ngàn tỷ tế bào) tức là bộ gien đã tự nhân bản theo trình tự 1 thành 2, 2 thành 4, 4 thành 8, ... cứ như vậy 47 bậc. Ấy là còn chưa kể việc sinh ra tế bào mới (tức là bộ gien) để thay các tế bào bị chết. Con người sống được là nhờ có 100.000 tỷ bộ gien do nhân bản từ một bộ gien ban đầu. Con số 100.000 tỷ bộ gien chính là số nanobot tự nhiên cần thiết cho sự sống của mỗi người.

c) Bộ gien không chỉ có khả năng nhân bản, nó còn là ***máy lắp ráp*** (assembler) vì nó chỉ huy mọi quá trình lắp ráp các loại axit nhân, protein và lipit trong tế bào.

Nhờ những công cụ cực kỳ tinh vi (như trình bày trong chương 4) người ta đã quan sát được hoạt động của bộ gien - nanobot tự nhiên, nhất là quá trình tự nhân bản.

Quá trình tự nhân bản của ADN.

Như đã giới thiệu ở chương 8, phân tử ADN gồm ***hai dải liên kết ngang*** với nhau và xoắn lại thành dạng một ***xoắn ốc kép***. (Xem chương 8 hình 8.8). Mỗi dải như vậy là một dãy liên tiếp các đơn vị cấu trúc gồm các phân tử nhỏ có ***vòng thơm***, chúng được gọi là bazơ (base). Cấu trúc phân tử và ký hiệu các bazơ cho trên bảng 2.

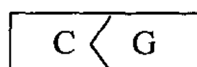
Thường viết là có 4 bazơ với ký hiệu A, G, T, C. Nhưng trên bảng 2 có thêm bazơ uracil (U). Vì bazơ U không có trong ADN mà chỉ có trong loại axit nhân khác như ARN. Các bazơ của 2 dải trong ADN có liên kết ngang với nhau để tạo ra các cặp bazơ. ***Chính việc cặp đôi này dẫn đến tính tự nhân bản kỳ diệu của ADN.***

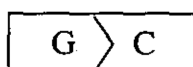
Với các hình tượng trưng trên bảng 2 ta thấy ***A chỉ có thể cặp đôi với T*** (hoặc U trong ARN vì khi đó U thay cho T) và G chỉ có thể cặp đôi với C, và ngược lại, xem hình 13a. Sự kết cặp này được thực hiện bằng liên kết hydro như trên hình 13b, cặp A ↔ T có 2 liên kết hydro và cặp C ↔ G có ba.

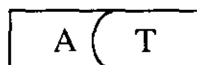
Bảng 10.2. Các bazơ

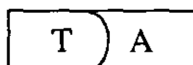
Tên	Cấu trúc phân tử	Ký hiệu	Hình (tượng trưng)
Adenine		A	A
Guanine		G	G

Thymine		T	T
Cytosine		C	C
Uracil		U	U

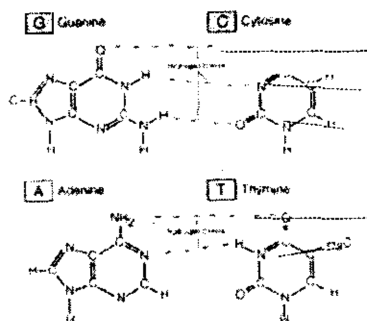








Hình 10.13a: **Các cặp bazơ**



Hình 10.13b: **Cấu trúc phân tử các cặp bazơ**

Bây giờ hãy xem quá trình tự nhân bản của ADN mà sinh học phân tử đã phát hiện. Khi trong tế bào, theo chương trình, đã tới trạng thái cần tách thành 2, tức là cần có hai bộ gien, thì bắt đầu từ một vị trí xác định ADN sẽ tự tách dần thành 2 dải bằng cách phá vỡ các liên kết hydro, nghĩa là ***tách đôi các cặp bazơ***, theo các bước như trình bày trên hình 14.

Bước 1: như minh họa trên hình 14a, tại một điểm ở một đầu của ADN các liên kết của các cặp bazơ bị đứt ra, hai dải của ADN tách ra.

Bước 2: các ***bazơ tự do***, đã được chuẩn bị sẵn ở trong chất nguyên sinh của nhân tế bào, đến chỗ ADN cũ tách ra, theo ***cơ chế tự lắp ráp***, tìm đúng "bạn" để kết cặp, như trên hình 14b. Như vậy có ***hai dải mới*** được hình thành.

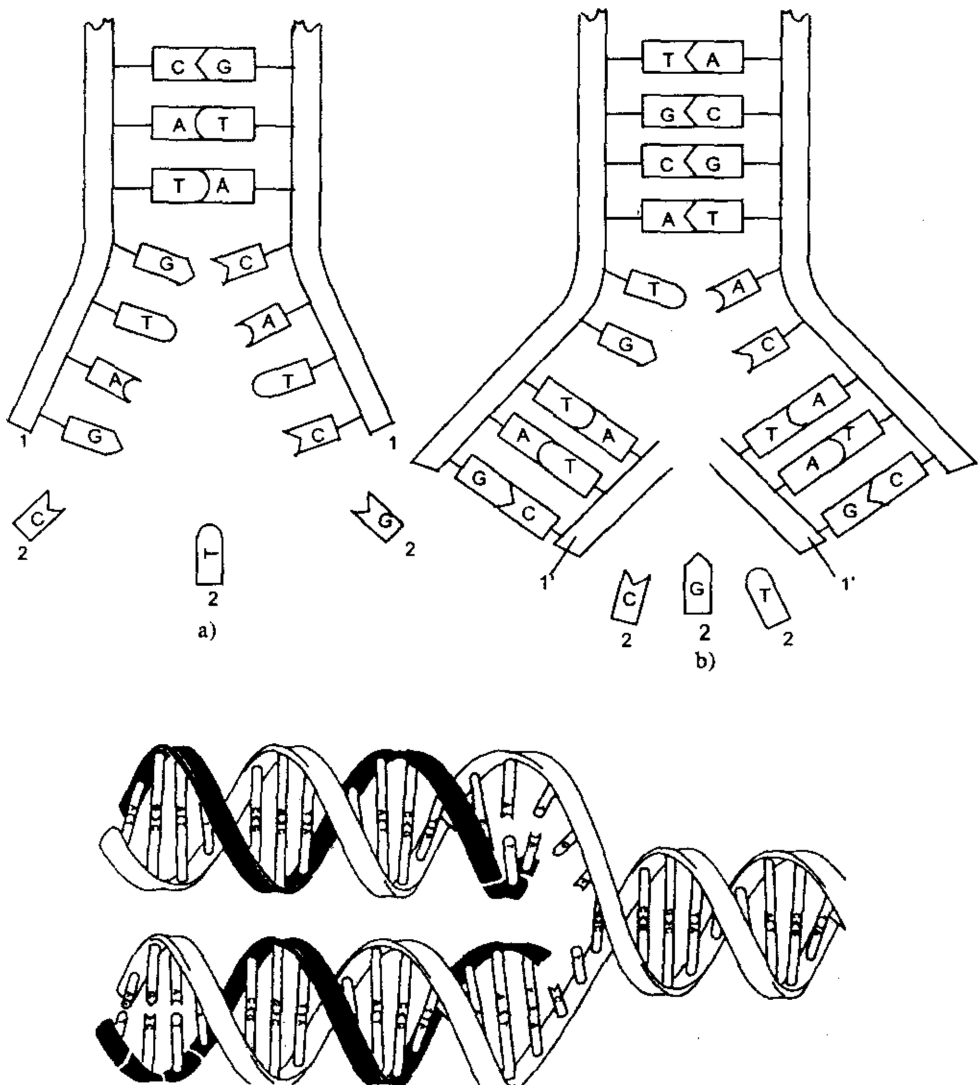
Bước 3: cứ tiếp tục ADN cũ tách ra, tách ra đến đâu thì hai dải mới hình thành, dài thêm ra, như trên hình 14c.

Cuối cùng có 2 ADN, nghĩa là từ một ADN tự nhân bản lên thành hai ADN.

10.3.2. QUÁ TRÌNH LẮP RÁP PROTEIN

Protein các loại có chức năng quan trọng để duy trì và phát triển sự sống. Bởi vậy việc sản xuất ra protein, tức là sản xuất ra ***vật liệu của sự sống*** có tầm quan trọng hàng đầu trong các chức năng của gien (ADN) và tế bào. Có thể nói việc lắp ráp sản xuất ra protein là cơ chế để phân biệt giới hữu sinh với giới vô cơ. Trong việc nghiên cứu, thực nghiệm dày công của ngành ***sinh học phân tử***, sau khi phát hiện ra gien, thì thành tựu phát hiện ra cơ chế lắp ráp sản xuất protein trong tế bào được coi như một bước đột phá quan trọng.

Protein có cấu trúc phân tử là một dãy các phân tử axit amin (amino - acid). Tùy theo chiều dài của dãy, số loại axit amin và trật tự sắp xếp chúng mà protein có các tính chất khác nhau. Cho đến nay chỉ tìm thấy trong tự nhiên, kể cả trong cơ thể người, chỉ có ***20 loại axit amin***. Danh sách các axit amin, ký hiệu, tên viết tắt và cấu trúc phân tử chung, có ở trong bảng 3 dưới đây.

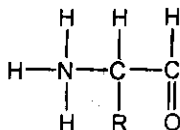


Hình 10.14: **Quá trình nhân bản của ADN**

a) Bước 1: 1 - 1 tách 2 dải; 2 - các bazơ chuẩn bị. b) Bước 2: 1' - 1' hình thành hai dải mới; 2 - các bazơ chuẩn bị. c) Bước 3: các dải mới 1 - 1' tiếp tục dài thêm, cho đến khi hoàn thành sẽ có hai ADN (MHN).

Bảng 10.3. Các axit amin

TT	Tên	Tên viết tắt	Ký hiệu	TT	Tên	Tên viết tắt	Ký hiệu
1	Alanine	ala	A	11	Leucine	len	L
2	Arginine	arg	R	12	Lysine	lys	K
3	Asparagine	asn	N	13	Methionine	met	M
4	Aspartic	asp	D	14	Phenylalanine	phe	F
5	Cysteine	cys	C	15	Proline	pro	P
6	Glutamic acid	glu	E	16	Serine	ser	S
7	Glutamine	gln	Q	17	Threonine	thr	T
8	Glycine	gly	G	18	Tryptophan	trp	W
9	Histidine	his	H	19	Tyrosine	tyr	Y
10	Isoleucine	ile	I	20	Valine	val	V



Các axit amin khác nhau có gốc R khác nhau

Việc lắp ráp mỗi protein do một gien quyết định. Vì gien là một đoạn của ADN nên thông tin về việc lắp ráp protein được ***mã hoá*** theo các bazơ dùng để ghi thông tin trên phân tử ADN. Như trên đã trình bày, các bazơ đó đã được ký hiệu bằng A, T, G, C hoặc A, U, G, C. Khi lắp ráp protein thì nhóm A, U, G, C được dùng để truyền thông tin, tức là U thay cho T.

Việc quan trọng trước tiên là phải xem việc mã hoá các axit amin bởi các bazơ như thế nào. Chú ý rằng nếu dùng cả bốn bazơ thì có những 256 (= 4 x 4 x 4 x 4) tổ hợp, nếu dùng chỉ 2 trong số bốn bazơ thì lại chỉ có 16 (= 4 x 4) tổ

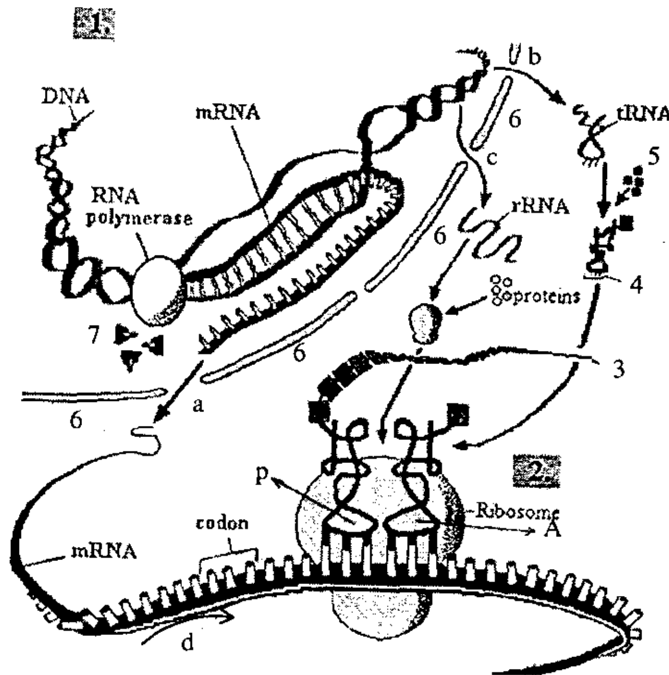
hợp. Bởi vậy để mã hoá 20 axit amin thì thích hợp nhất là chọn ba trong số bốn bazơ tức là có 64 (= 4 x 4 x 4) tổ hợp. Như vậy mỗi axit amin được mã hoá bằng nhóm ba bazơ, ví dụ axit amin Methionine (met) được mã hoá bằng nhóm AUG. Thường gọi nhóm 3 bazơ này là ***codon*** (đọc là cô - đôn, có nghĩa là ***nhóm mã***). Vì có những 64 codon để mã hoá 20 axit amin, nên có thể một axit amin được mã hoá bằng vài codon. Việc gán các codon cho axit amin không tùy tiện, mà phải phù hợp với thực tế của quá trình lắp ráp protein. Thực tế đã cho phép lập ra bảng tương ứng của 20 axit amin với 64 codon, như bảng 4 dưới đây. Các codon có dấu (*) chưa "có nghĩa", tức là chưa thấy ứng với axit amin nào.

Bảng 10. 4. Tương ứng của các axit amin với các codon

		Bazơ thứ hai					
		U	C	A	G		
Bazơ thứ 1	U	UUU → phe	CUC	UAU → tyr	UGU →	U	Bazơ thứ 3
		UUC	UCC →	UAC	UGC cys	C	
		UUA → len	UCA ser	UAA *	UGA *	A	
		UUG	UCG	UAG *	UGG → trp	G	
	C	CUU	CCU	CAU → his	CGU	U	
		CUC → len	CCC →	CAC	CGC	C	
		CUA	CCA pro	CAA → gin	CGA →	A	
		CUG	CCG	CAG	CGG arg	G	
	A	AUU	ACU	AAU → asn	AGU →	U	
		AUC → ile	ACC → thr	AAC	AGC ser	C	
		AUA	ACA	AAA → lys	AGA →	A	
		AUG → met	ACG	AAG	AGG arg	G	
	G	GUU	GCU	GAU → asp	GGU	U	
		GUC → val	GCC →	GAC	GGC → gly	C	
		GUA	GCA ala	GAA → glu	GGA	A	
		GUG	GCG	GAG	GGG	G	

Quá trình lắp ráp (tổng hợp) protein xảy ra ở hai khu vực của tế bào. Trước hết trong nhân tế bào lắp ráp các phân tử ribonueleic axít, viết tắt là RNA. Các phân tử ARN khác với ADN ở hai điểm mặc dầu chúng cũng là các dãy bazơ: một là các ARN chỉ là dải đơn, hai là thay vào bazơ T và bazơ U.

Bước thứ nhất của quá trình lắp ráp protein xảy ra ở khu vực 1 trong nhân tế bào (hình 15), với việc enzim có tên là ARN polymerase (enzim tổng hợp ARN) tìm đến và định vị ở ***đầu đoạn gien ứng với protein cần tổng hợp***. Đoạn ADN của gien này tự tách đôi ra và tự lắp ráp thành ***ARNm***, phân tử ARNm đi ra ngoài nhân tế bào ***bằng cửa a***. Phần tử ARNm (messenger RNA) có chức năng là ***sao chép thông tin*** từ gien rồi làm việc ***chuyển thông tin*** đó đến nơi lắp ráp (messenger có nghĩa là sứ giả).

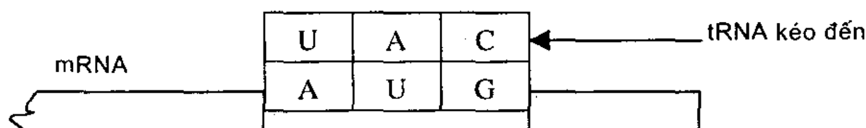


Hình 10.15: **Quá trình lắp ráp (tổng hợp) protein.**

1. Vùng sản xuất ARN trong nhân tế bào; 2. Vùng lắp ráp protein trong tế bào (ngoài nhân).; 3. Phân tử protein đang lắp ráp; 4. Kiểm tra codon; 5. Các axit amin; 6. Màng nhân tế bào; 7. Các bazơ để lắp ráp ARNm; A- Vị trí A trong ribosome; P- Vị trí P trong ribosome; d- Chiều dịch chuyển của ribosome.

Thông tin đó là dãy các codon ứng với các axit amin theo một trật tự xác định của loại protein cần lắp ráp. Loại ARN thứ hai được lắp ráp là các phương tiện vận tải có chọn lọc nên gọi là ***ARNt (transport RNA)***. Có chọn lọc có nghĩa là những phân tử này có bộ phận ghi codon tương ứng với loại axit amin mà nó cần ***móc vào và kéo đến nơi lắp ráp***. Các tRNA đi ra khỏi nhân tế bào đến nơi lắp ráp qua cửa b của màng nhân. Loại RNA thứ ba được lắp ráp trong nhân là ribosomal RNA (viết tắt là rRNA) có nhiệm vụ là cùng với một số protein khác tự lắp ráp thành ra ***phân tử Ribosome***. Phân tử ribosome này là một máy lắp ráp (assembler). Các phân tử ARNr đi ra ngoài nhân tế bào bằng cửa c của màng nhân (6).

Bước thứ hai là bước lắp ráp protein ở ngoài nhân và trong tế bào tại khu vực 2 (Hình 10.15). Ở đây máy lắp ribosome lắp vào đầu của dải phân tử ARNm ở đó có codon đầu tiên. Một ARNt kéo một axit amin có ***codon ăn khớp*** với codon của ARNm nói trên. Ví dụ codon đầu tiên của ARNm là AUG thì codon của axit amin kéo đến phải là UAC, vì lẽ chỉ có cặp đôi A ↔ U và G ↔ C là khớp đúng như minh họa ở hình 16.



Hình 10.16: **Khớp codon**

Việc kiểm tra có khớp không xảy ra ở vị trí 4 ngoài ribosome và nếu đã khớp thì ARNt, có kéo axit - amin tương ứng ở đuôi, được chui vào vị trí A trong ribosome. Ở đây việc khớp giữa codon của ARNm và codon của axit amin được ARNt kéo theo, lại được kiểm tra lần nữa. Nếu không đúng thì ARNt này bị đẩy ra và chờ cho đến khi có ARNt kéo vào có codon khớp đúng. Nếu đã đúng thì ribosome dịch một bước sang codon tiếp theo, do đó ARNt đúng dời chỗ sang vị trí P của ribosome. Tại vị trí P này, axit amin được kéo theo ARNt sẽ nối vào chuỗi của protein đang lắp ráp và ARNt này thoát ra khỏi ribosome để giải phóng vị trí P.

Quá trình cứ như vậy tiếp tục cho đến khi ribosome trượt qua hết phân tử ARNm, tới thông tin của "lệnh dừng", thì protein cần thiết đã được lắp ráp xong.

Như vậy để lắp ráp (tổng hợp) phân tử protein đã có các máy nanô lắp ráp: phân tử ARN (đoạn tương ứng với protein), enzim khởi động quá trình lắp ráp các máy móc công cụ, ARNm, ARNt, ARNr, ribosome, các phân tử bazơ, các axit amin v.v... Toàn bộ quá trình được điều khiển theo một chương trình định trước. Mọi chi tiết của những thao tác cực kỳ tinh vi đều xảy ra ở mức phân tử thuộc thang nanô.

Cho đến nay, bằng những nghiên cứu thực nghiệm hết sức tinh tế, sinh học phân tử đã phát hiện được các bước của quá trình lắp ráp protein trên đây. Tuy nhiên vẫn còn rất nhiều câu hỏi về một quá trình "công nghệ cao" như vậy, ví dụ có máy siêu tính để xử lý thông tin trong quá trình lắp ráp như vậy không? Trong thực tế của sản xuất hiện đại, không có bất cứ một hệ tự động hoá nào có thể tiến hành được quá trình lắp ráp tinh vi như vậy, ngay cả ở thang vĩ mô.

Về cuộc tranh luận xung quanh nanobot.

Những người ủng hộ nanobot có nhiều lý lẽ, trong đó đáng chú ý là quan điểm mô phỏng tự nhiên. Máy bay, tàu ngầm... là mô phỏng loài chim, loài cá... Hầu hết mọi sản phẩm dù tinh vi đến đâu đều là mô phỏng từ tự nhiên. Các thành tựu cao nhất hiện nay; máy điện toán mô phỏng từ bộ não, mạng intơnét mô phỏng từ hệ thần kinh - não v.v... Vậy thì bước tiếp theo mô phỏng các máy lắp ráp, máy tự nhân bản của tế bào, tức là mô phỏng các nanobot của tự nhiên, thì không có gì là viển vông cả. Vả lại các quy luật vật lý, hoá học, sinh học, thậm chí thuyết lượng tử, thuyết tương đối... không có luận điểm nào chống lại việc mô phỏng này.

Những người chống lại nanobot cũng có nhiều lý lẽ, trong đó đáng chú ý là quan điểm cho rằng sự mô phỏng tự nhiên chỉ khả thi ở thang vĩ mô, còn ở thang vi mô và nhất là ở thang nanô thì gặp khó khăn về nguyên tắc. Chúng ta còn chưa rõ, chưa có hiểu biết tin cậy nào về quá trình chuyển từ vô cơ sang sự sống. Đúng là trong tế bào đều là tự động: tự nhân bản, tự sắp xếp, tự lắp ráp, tự tổng hợp..., tức là các đặc tính của nanobot tự nhiên. Chúng chỉ có thể xuất hiện qua một quá trình tiến hoá hàng tỷ năm, chứ không có bất cứ loại máy móc hoặc lý thuyết nào có thể tìm được quy trình tối ưu đó trong thời gian ngắn hơn, thí dụ vài chục năm. Bởi vậy về nguyên tắc mô phỏng nanobot của tự nhiên trong sự sống chỉ là viễn tưởng.

Xem ra cả hai phía đối lập đều có lý và đều không thuyết phục như nhau. Có lẽ ở đây chân lý phải chờ thực tiễn.

CẦN SỚM PHÁT TRIỂN VÀ ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ NANÔ Ở NƯỚC TA

So với thế giới chúng ta hầu như ít được kể đến khi bàn về phát triển công nghệ nanô. Vài năm gần đây có một số phòng thí nghiệm, trường đại học, viện nghiên cứu đã có các hoạt động mang tính chất tìm hiểu và bắt đầu chuẩn bị cho sự tiếp thu, thử nghiệm ngành công nghệ cực kỳ quan trọng này. Một số cơ sở đã chế thử ở quy mô thăm dò một số loại hạt nanô (TiO_2, C...). Đã có đề tài nhà nước nghiên cứu lắp ráp hiển vi SPM để khảo sát và thao tác đối tượng nanô, một số đề tài nghiên cứu về các vấn đề cơ bản của khoa học nanô, đã có cơ sở đào tạo cán bộ về công nghệ nanô ...

Điều rất có ý nghĩa là gần đây Chính phủ đã có "***Chiến lược phát triển khoa học và công nghệ Việt Nam đến năm 2010***" (Quyết định 272/2003/QĐ-TTg) trong đó có nói đến phát triển công nghệ nanô. Cụ thể trong phần "***Các hướng công nghệ trọng điểm phục vụ phát triển kinh tế xã hội***" có nói trong điểm c) ***Công nghệ vật liệu tiên tiến*** như sau: "Công nghệ vật liệu nanô: Nghiên cứu ứng dụng để sản xuất nanô compozit nền polime và nền kim loại sử dụng trong các ngành kinh tế - kỹ thuật; xúc tác cấu trúc nanô trong lĩnh vực dầu khí và xử lý môi trường. Nghiên cứu cơ bản định hướng ứng dụng trong một số hướng công nghệ nanô có khả năng ứng dụng cao ở Việt Nam".

Hướng trên đây là đúng. Tuy nhiên cần phải thấy rằng trong 5 - 10 năm nữa thì sản phẩm của công nghệ nanô sẽ nhanh chóng tràn ngập vào nước ta và sẽ đẩy các loại hàng hoá phi nanô của ta ra khỏi nhiều thị trường. Có lẽ chúng ta cần phải có một kế hoạch đầy đủ và toàn diện hơn về ngành công nghệ này thì mới có cơ may khỏi bị ***hụt hẫng về toàn bộ các lĩnh vực công nghệ cao, vì lẽ CNTT cũng sẽ nanô hoá nhất là CNSH với ngành y - sinh học sẽ dẫn đầu nanô hoá.***

Ở gần nước ta, Trung Quốc, Nhật Bản là 2 trong 5 nước dẫn đầu về công nghệ nanô, Hàn Quốc đang "lao lên" về công nghệ nanô, một số nước Đông Nam á cũng đã bắt đầu phát triển ứng dụng sản phẩm nanô, nhất là trong y tế,

Điều đáng kinh ngạc là ngành công nghệ này đi vào sản xuất và sản

phẩm rất nhanh, hãy theo dõi thị trường thế giới: vải nanô, sắt thép nanô, thuốc nanô chữa bệnh, y tế nanô, kính nanô, sơn nanô, điện thoại nanô, máy điện toán nanô, gốm sứ nanô, mực nanô, bộ nhớ nanô, mỹ phẩm nanô, khoá nanô, lọc nước nanô ... và vũ khí nanô. Tất cả các sản phẩm này đều có tính năng kỳ diệu, chưa từng có, và giá rẻ.

Có điều rất đáng chú ý, đây là ngành công nghệ cao của thời đại kinh tế tri thức, ***nên rất cao thậm chí kỳ diệu, nhưng không đắt và nếu có đủ tri thức thì có thể tiến rất nhanh***. Không cần phải có nhà máy như nhà máy làm chip giá hàng tỉ đô la. Như ở Trung Quốc, các xí nghiệp vốn vài triệu USD đã có thể sản xuất ống nanô cácbon với lượng sản phẩm vào hàng đầu thế giới. Việc ứng dụng vật liệu nanô có thị trường mênh mông ngay trong nước, ví dụ sơn nanô rất bền mầu và bám rất chắc gấp nhiều lần loại cũ. Đặc biệt thuốc nanô và y tế nanô, một triển vọng to lớn để trị các loại bệnh hiểm nghèo và virút ác tính như HIV ... Do vậy tính cạnh tranh và lợi nhuận sẽ rất hấp dẫn. Thật đáng suy nghĩ khi Trung Quốc quyết định xây dựng khu vực nghiên cứu - công nghệ - công nghiệp nanô ở gần Thiên Tân với quy mô và trình độ hàng đầu thế giới.

Nước ta đang trong quá trình đẩy mạnh CNH, HĐH thì việc tranh thủ thời cơ ***ứng dụng*** ngay ngành công nghệ kỳ diệu này vào sản xuất để đi tắt, là một việc có ý nghĩa chiến lược.

Trước hết những cơ quan có trách nhiệm, các nhà khoa học, các nhà quản lý hoạt động KH & CN, các cơ quan thông tin đại chúng... phải làm sao rút ngắn khoảng cách thông tin về các thành tựu của KH & CN nanô giữa nước ta với thế giới và nhất là các nước trong vùng.

Chúng ta cần sớm có kế hoạch đầy đủ hơn để xây dựng khoa học và công nghệ nanô ở nước ta đi kịp thời đại, theo một cách làm ít tốn kém mà hiệu quả cao như nhiều nước đã làm thành công.

PHỤ LỤC

THUẬT NGỮ THƯỜNG DÙNG TRONG CÔNG NGHỆ NANÔ

(Đối chiếu Anh Việt, giải thích tóm tắt)

Adenosine Triphosphate (ATP) *Adenosin triphosphat* Hợp chất hoá học có vai trò như là nhiên liệu trong công nghệ nanô phân tử, công thức hoá học là $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$.

Assembler *Máy lắp ráp* Máy (linh kiện) đa năng trong chế tạo phân tử (molecular manufacturing) có khả năng điều khiển các phản ứng hoá học bằng cách lắp ráp các phân tử.

Atomic Force Microscope (AFM) *Hiển vi lực nguyên tử* Hiển vi có đầu dò là một mũi nhọn gắn ở đầu một lò xo lá rất nhạy. Mũi nhọn được điều khiển quét trên bề mặt mẫu. Lực tác dụng giữa nguyên tử ở mũi nhọn và nguyên tử ở bề mặt mẫu làm cong lò xo lá và căn cứ biến đổi độ cong này khi quét, mũi nhọn trên bề mặt mẫu, có thể vẽ ra độ lồi lõm của bề mặt mẫu. Trường hợp tốt nhất là vẽ được dạng các nguyên tử trên bề mặt mẫu.

Biomedical Nanotechnology *Công nghệ nanô y sinh*

BioMEMS *MEMS sinh học* Hệ vi điện cơ ứng dụng trong sinh học.

BioNEMS *NEMS sinh học* Hệ điện cơ nanô ứng dụng trong sinh học

Biomimetic *Phỏng sinh* Bắt chước, sao chép, học tập từ sinh học trong tự nhiên. Công nghệ nanô đã có sẵn trong tự nhiên; những nhà khoa học nanô có thể lấy rất nhiều linh kiện có trong tự nhiên học tập kỹ xảo cũng như bắt chước để làm theo.

Biomimetics, Bionics *Phỏng sinh học*

Biomimetic Chemistry *Hoá phỏng sinh* Các kiến thức về hoá sinh, hoá phân tích, hóa học polyme và hoá phỏng sinh được liên kết lại ứng dụng để thiết kế các phân tử mới, các tập hợp phân tử, các đại phân tử có các chức năng phỏng sinh. Những vật liệu công nghệ cao liên quan đến sinh học như enzim, màng tế bào tổng hợp, polyme phân hủy sinh học v.v...

được chế tạo, thử nghiệm, cải tiến rồi đưa ra sản xuất ở quy mô công nghiệp.

Biomimetic Materials *Vật liệu phỏng sinh* Vật liệu do bắt chước, sao chép hay học tập theo sinh học trong tự nhiên.

Biopoly meroptoelectrro mechanical systems *Hệ vi cơ điện quang polime sinh học.*

Blue Goo *Chất nhờn xanh* Ám chỉ kịch bản đối lập với thảm họa chất nhờn xám (xem Grey Goo ở dưới).

Born - Oppenheimer Approximation *Gần đúng Born - Oppenheimer* gần đúng để mô tả về chuyển động phân tử, nguyên tử.

Bose Einstein Condensates (BEC) *Ngưng tụ Bose - Einstein* Các nguyên tử khi làm lạnh bằng laze xuống gần không độ tuyệt đối sẽ ngưng kết trong trạng thái đặc biệt.

Bottom up *Từ dưới lên trên, dưới lên* Công nghệ nanô tìm cách lấy phân tử nguyên tử làm đơn nguyên nhỏ để lắp ráp ra những vật to kích cỡ bình thường để sử dụng. Có thể hiểu đó là cách làm từ dưới lên trên hay từ nhỏ đến to khác với cách làm thông thường là từ trên xuống dưới, từ to đến nhỏ. Đây là cách làm của công nghệ nanô điều khiển để các phân tử nguyên tử liên kết lại theo chương trình định trước tạo nên vật khối to, kích cỡ bình thường sử dụng được.

Brownian Assembly *Sắp xếp Brown* Chuyển động của các hạt Brown luôn hỗn độn. Nếu chúng có một số tính chất đặc biệt thì nhờ chuyển động Brown chúng có thể liên kết lại để tạo ra một sự sắp xếp có cấu trúc xác định. Sắp xếp Brown khác với sự tự lắp ráp.

Brownian Motion *Chuyển động Brown* Chuyển động hỗn độn của hạt nhỏ như hạt phấn hoa trong chất lỏng do nguyên nhân chuyển động nhiệt của các phân tử chất lỏng. Năm 1827 Robert Brown quan sát thấy chuyển động này.

Bulk technology *Công nghệ khối to* Công nghệ thao tác cả khối to gồm cực nhiều phân tử, nguyên tử trong một vật. Trái với cách thao tác để từ từng phân tử nguyên tử lắp ráp thành khối to.

Bottom up *Từ dưới lên trên, Dưới lên.* Một đặc điểm của công nghệ nanô luôn đi theo hướng từ nhỏ đến to trong mọi hoạt động chế tạo sản xuất.

Buckminsterfullerene *Fulơren*

Bucky Balls *Quả bóng Bucky, fulơren* Phân tử cacbon gồm 60 nguyên tử C (còn có thể là 70, 80...) có cấu trúc hình đa diện với các mặt sáu cạnh, một ít mặt là năm cạnh, dạng như quả bóng đá.

Carbon Nanotube *Ống nanô cacbon*

Cell pharmacology *Dược lý tế bào* Dùng những máy nanô y học để dẫn thuốc đúng vào nơi cần thiết của cơ thể trực tiếp đến các tế bào.

Cell Repair Machine *Máy sửa chữa tế bào* Máy phân tử và ở thang nanô có cảm biến, có máy tính nanô cùng các công cụ nanô, làm việc theo chương trình để phát hiện, sửa chữa những hư hỏng ở tế bào và mô thậm chí khi cần có thể thông tin về nhận được sự hướng dẫn của bác sĩ.

Chemical Vapour Deposition (CVD) *Ngưng tụ hóa học từ pha hơi* Kỹ thuật tạo lớp phủ theo cách ban đầu cho hoá chất bay hơi rồi nhờ khí trơ chuyển tải hơi đó ngưng tụ lên bề mặt thành một lớp phủ

Dendrimers *Đendrime* Có gốc từ chữ Hy Lạp dendra nghĩa là nhánh cây. Đendrime là polyme có cấu trúc dạng nhánh cây.

Diamondoid *Chất tựa kim cương* Có cấu trúc tựa như kim cương theo nghĩa rộng: có các mối liên kết cộng hoá trị tạo thành mạng lưới ba chiều, đặc biệt kiểu tứ diện đều, có độ bền cực cao bằng 100 đến 250 lần so với titan và nhẹ hơn titan.

Dip pen Nanolithography *Khắc hình nanô kiểu nhúng ngòi bút* Khắc hình bằng cách dùng SPM điều khiển ngòi bút nhúng dung dịch phân tử đặc biệt để vẽ hình trên bề mặt đế. Các phân tử tự sắp xếp, khi khô trở thành đơn tinh thể. Cuối cùng trên bề mặt đế có được hình vẽ với nét vẽ là đơn tinh thể tinh vi đến nanomet.

ADN chip (còn gọi là Gene Chip, DNA Microchip) *Chip ADN* Chip vi mạch có mục đích xác định biến đổi hoặc thứ tự gien ADN.

Dopedballs *Fulơren pha tạp*

Fulơren có pha tạp các chất khác, thí dụ để tạo thành siêu dẫn nhiệt độ cao.

Electrical Bistability *Lưỡng ổn điện* Hiện tượng mà một vật có hai trạng thái điện khác nhau khi tác dụng điện thế.

Entanglement *Vướng mắc* Quan hệ lượng tử đặc biệt giữa hai hay nhiều vi hạt do tính chồng chất của các trạng thái lượng tử của chúng.

Entropy *Entropi* Đại lượng đặc trưng cho độ mất trật tự của một hệ cô lập. Định luật thứ hai của nhiệt động học phát biểu rằng entropi của hệ cô lập luôn luôn tăng theo thời gian.

Exponential growth *Phát triển theo hàm mũ* Cách nói thông thường, tuy không chính xác lắm

về quá trình phát triển của tự nhân bản. Do tự nhân bản nên ban đầu là 1 tự nhân bản thành 2, 2 thành 4, 4 thành 8 v.v...

Femtometer (fm) *Femtomet* Đơn vị dài, bằng một phần triệu tỉ của mét (10^{-15}m). Đơn vị femtomet dùng rất thích hợp để biểu diễn kích thước của hạt nhân nguyên tử.

Femtosecond (fs) *Femtogiây* Đơn vị đo thời gian, bằng một phần triệu tỉ của giây (10^{-15}s). Ánh sáng truyền đi với vận tốc là 300.000km/s, trong một femtôgiây, ánh sáng đi được quãng đường bằng một ngàn nguyên tử silic trên bề mặt tinh thể. Với xung laze một femtogiây có thể gia công bề mặt rất chính xác, không làm ảnh hưởng các nguyên tử xung quanh vị trí cần gia công.

Femtotechnology *Công nghệ femtô* Công nghệ xử lý vật liệu ở thang femtomet, thang của các hạt cơ bản như lepton, hadron, quac ... Xếp theo thứ tự ngày càng tinh vi thì sau công nghệ nanô là công nghệ picô, sau công nghệ picô là công nghệ femtô.

(1nm = 1000pm = 1000000fm)

Fractal *Fractan, chiết hình* Hệ thống mà bất cứ một bộ phận nào của nó cũng có cấu trúc đồng dạng như cấu trúc của cả hệ.

Genegeneering hay Genetic engineering *Công nghệ gien*

Giant Magnetoresistance (GMR) *Từ điện trở khổng lồ* Hiện tượng điện trở của màng nhiều lớp thay đổi rất nhiều khi có từ trường, nguyên nhân là tán xạ của điện tử rất phụ thuộc vào vectơ từ độ ở các lớp của màng. Được ứng dụng rộng rãi để làm cảm biến từ trường, đặc biệt ở đầu từ GMR của ổ đĩa cứng.

Golden Goo *Chất nhờn vàng* Một dạng khác của chất nhờn xám (grey goo), một kiểu của kịch bản thảm họa giả tưởng của công nghệ nanô.

GNR technologies (Genetic Engineering and Robotics) *Các công nghệ gien, nanô và rôbôt.*

Gray Goo hay Grey Goo *Chất nhờn xám* Hình ảnh từ phim Star Trek, nói lên hậu quả xấu giả tưởng của công nghệ nanô; các máy nanô tự sao chép, tự nhân bản nên phát triển rất nhanh không kiểm soát được. Chúng biến đổi mọi thứ mà chúng tiếp xúc xung quanh thành ra bản thân chúng, tiêu thụ hết vật chất, hết năng lượng, tất cả bị hủy diệt để biến thành chất nhờn nhờn xam xám bao phủ toàn cầu.

Heisenberg Uncertainty Principle *Nguyên lý bất định Heisenberg*

Nguyên lý của cơ học lượng tử nói rằng vị trí và động lượng của một hạt không thể xác định chính xác đồng thời.

Immune Machines *Máy miễn nhiễm* Máy nanô trọng y học, dùng cho bên trong cơ thể, đặc biệt là cho mạch máu và đường tiêu hoá có khả năng nhận biết và tiêu diệt kẻ lạ xâm nhập thí dụ vi trùng, virút...

Inline Universities *Đại học nội tuyến* Đề cập việc cấy các máy tính nanô vào cơ thể làm tăng trí thông minh và giáo dục cho người được cấy, đặc biệt là có khả năng hình thành cái gọi là đại học lưu động. Đại học nội tuyến là khái niệm khác với đại học trực tuyến (Online Universities).

Khaki Goo *Chất nhờn kaki* Một kiểu công nghệ nanô dùng trong chế tạo vũ khí, kết quả ứng dụng công nghệ này là biến tất cả thành chất nhờn màu kaki, một kịch bản hủy diệt giả tưởng của công nghệ nanô.

Langmuir - Blodgett *Langmuir - Blodgett* Một kỹ thuật chế tạo lớp nanô chỉ có một lớp phân tử, lớp nanô này có tên là màng Langmuir Blodgett.

LCD (Liquid Crystal Display) *LCD (Hiển thị tinh thể lỏng)* Hiển thị bằng cách dùng điện trường quay các phân tử của tinh thể lỏng, làm thay đổi phương phân cực ánh sáng. Ưu điểm của hiển thị tinh thể lỏng là dùng làm màn hình dẹt, tốn rất ít năng lượng nên được dùng nhiều ở máy tính xách tay. Nhược điểm là tấm mỏng dễ hư hỏng, độ sáng chưa thật cao.

LED - Light Emitting Diode *LED - Điôt phát sáng* Linh kiện bán dẫn phát ra ánh sáng theo cơ chế dùng điện trường làm tái hợp điện tử và lỗ trống, để phát ra ánh sáng. Có thể xem đây là cách phát sáng của công nghệ nanô vì quá trình tái hợp phát sáng xảy ra trong một lớp rất mỏng. Điôt phát sáng làm từ chất hữu cơ gọi là OLED.

Low - dimension Structure *Cấu trúc thấp chiều* Cấu trúc kiểu giếng lượng tử, dây lượng tử và chấm lượng tử, có số chiều nhỏ hơn ba (giếng - 2 chiều, dây - 2 chiều, chấm - 0 chiều)

Meat Machine *Máy sản xuất thịt* Hộp đựng các máy lắp ráp nanô và nguyên liệu. Máy lắp ráp theo chương trình lấy các nguyên tử phân tử ở nguyên liệu để lắp ráp ra thịt.

Mechatronics *Cơ điện tử* Sự tích hợp ngành cơ khí chế tạo với kỹ thuật điện tử để sản sinh ra các máy móc hoạt động theo chương trình.

MEMS - MicroelectroMechanical Systems *Hệ vi điện cơ* Kết hợp vi điện tử và vi cơ khí để làm thành một hệ nhỏ thuộc thang micro có khả năng theo dõi, phán đoán logic và hành động theo chức năng định sẵn.

Mesoscale *Kích cỡ trung mô, thang trung mô* Kích cỡ nhỏ hơn vĩ mô nhưng lớn hơn vi mô, nay hiểu là lớn hơn thang nanomet.

Molecular Assembler *Máy lắp ráp phân tử* Là một loại phân tử có khả năng lắp ráp từ các nguyên tử phân tử khác thành vật thể định trước có thể lắp ráp ra cấu trúc phân tử.

MBE - Molecular Beam Epitaxy *MBE - Epitaxi bằng chùm phân tử* Kỹ thuật tạo ra những lớp đơn tinh thể rất mỏng bằng cách cho chùm phân tử lắng đọng sắp xếp theo trật tự của các nguyên tử trên bề mặt đế.

Molecular Electronics (ME, moletronics) *Điện tử học phân tử* Nghiên cứu chế tạo linh kiện điện tử kích cỡ nanô, đặc biệt là làm từ các phân tử chứ không phải làm từ vật khối rồi gia công cho nhỏ đi.

Molecular Manipulator *Dụng cụ thao tác phân tử* Dụng cụ gồm mũi nhọn ở đầu có thể gắp một phân tử và cơ cấu để đưa mũi nhọn đến để đặt phân tử vào vị trí mong muốn với độ chính xác đến 1 nguyên tử.

Molecular - scale Manufacturing *Chế tác ở thang phân tử* Ngành chế tạo sử dụng những máy phân tử điều khiển đến từng phân tử thực hiện các phản ứng tổng hợp hóa theo từng vị trí.

Molecular Medecine *Y học phân tử* Nghiên cứu các phân tử liên quan đến đời sống, bệnh tật như thế nào và thao tác điều khiển các phân tử đó nhằm chẩn đoán, ngăn ngừa cũng như điều trị bệnh tật.

Molecular Nanotechnology (MNT) *Công nghệ nanô phân tử* Công nghệ điều khiển tạo ra cấu trúc vật chất, tạo ra sản phẩm dựa trên việc điều khiển đến từng phân tử một.

Molecular Systems Engineering *Kỹ thuật hệ phân tử* Thiết kế, phân tích và chế tạo hệ gồm các phân tử cùng làm việc để thực hiện một mục đích nào đó.

Molecular Wire *Dây phân tử* Phân tử gần như là dây một chiều có thể chuyển vận hạt tải (điện tử, lỗ trống) giữa hai đầu dây. Làm bộ phận đơn giản nhất của linh kiện điện tử.

MOLMAC, molecular machine *Máy phân tử* Một hoặc nhóm phân tử có chức năng như một máy

Monimer *Monome* Đơn vị từ đó cấu tạo nên polyme.

Moore's Laws *Quy luật Moore* Năm 1965 Gordon Moore, sau này là chủ tịch và giám đốc điều hành của Intel phát biểu rằng số tranzito trong một mạch tích hợp sau một năm thì tăng lên gấp đôi. Năm 1975 ông cho rằng hai năm tăng lên gấp đôi và cuối cùng xem là cứ 18 tháng (một năm rưỡi) tăng lên gấp đôi. Thực tế từ những năm bảy mươi đến nay cứ 18 tháng số tranzito tích hợp được trong một chip tăng lên gấp đôi đúng như quy luật Moore.

Nanites *Máy nanô, rôbôt nanô* Máy có các chi tiết cấu tạo vào cỡ nguyên tử (danh từ lấy ở phim Star Trek).

Nanoarray *Dãy nanô* Dãy các linh kiện siêu nhỏ, cực nhạy dùng cho phân tích sinh học.

Nanoassembler *Máy lắp ráp nanô* Một sản phẩm giả tưởng của công nghệ nanô. Nếu chế tạo được máy lắp ráp nanô thì có thể chế tạo được bất cứ cái gì mong muốn vì máy có thể lắp ráp bất kỳ loại nguyên tử, phân tử nào theo một cấu trúc định trước nào đó. Theo lập luận của những người đề xướng thì máy có khả năng vô tận. Chỉ có hạn chế vì trí tưởng tượng chưa nghĩ ra hết và hạn chế do quy luật vật lý không cho phép.

Nanobarcode *Thanh mã nanô* Kỹ thuật dùng các hạt keo nanô hình trụ trong đó có kim loại xen lẫn thành từng thớt nhỏ. Sự phản xạ của các thớt kim loại này có thể quan sát được nhờ hiển vi quang học. Từ đó cho phép dùng hạt keo hình trụ làm thanh đánh dấu kiểu mã vạch.

Nanobiotechnology *Công nghệ sinh học nanô* Công nghệ ứng dụng những công cụ, những cách xử lý của công nghệ nanô để làm các linh kiện nghiên cứu sinh hệ, học tập sinh hệ để làm ra những linh kiện nanô tốt hơn. Nhiều hy vọng là công nghệ này sẽ làm được những linh kiện nanô có chức năng đặc biệt nhờ bắt chước những hệ sinh vật.

Nanocatalysis *Xúc tác nanô* Xúc tác có những ưu việt đặc biệt nhờ vào cấu trúc nanô, nổi bật nhất là nhờ vào diện tích mặt ngoài cực lớn khi các hạt là hạt nanô.

Nanochips *Chip nanô* Hiện nay đang phổ biến chip micrô, sản phẩm tích hợp cao của công nghệ vi điện tử. Chip nanô là dự kiến sản phẩm tích hợp cao hơn của công nghệ nanô điện tử. Các linh kiện ở đây không những nhỏ hơn, thuộc kích cỡ nanô mét, mà còn phải làm việc theo một số nguyên lý khác do tính chất lượng tử.

Nanocrystals *Tinh thể nanô* Cấu

trúc gồm cỡ hàng trăm đến hàng chục ngàn nguyên tử sắp xếp theo trật tự tuần hoàn của tinh thể, thường được xem là những chùm nguyên tử có trật tự. Kích thước hạt tinh thể nanô điển hình là hàng chục nanomet, lớn hơn kích thước phân tử nhưng nhỏ hơn nhiều kích thước hạt tinh thể thông thường, do đó có những tính chất lý hoá rất đặc biệt.

Nanodefenses *Phòng thủ nanô* Một kiểu chất nhờn tốt, kiểu như chất nhờn xanh (Blue goo) có tính chất đối lập với chất nhờn xám (gray goo). Dùng chất nhờn xanh để phòng thủ nanô, không để cho chất nhờn xám tấn công hủy diệt.

Nanodisaster *Thảm họa nanô* Kịch bản giả tưởng về thảm họa của cả thế giới do phát triển công nghệ nanô. Các máy nanô biến tất cả thành một thứ chất nhờn xám (xem gray goo).

NEMS - nanoelectro mechanical systems *Hệ nanô điện cơ* Tương tự như hệ vi điện cơ MEMS nhưng ở mức độ tinh vi hơn nhiều, đã đến kích cỡ nanomet. Kết hợp giữa nanô điện tử, nanô cơ học và nanô cảm biến, nanô thao tác.

Nanoelectronics *Nanô điện tử học* Điện tử học ở kích cỡ nanô. Bao gồm cả điện tử học phân tử và linh kiện điện tử ở kích cỡ nanô.

Nanofluidics *Lưu học nanô* Khoa học về điều khiển những quá trình nanô ở chất lỏng (chất hữu cơ).

Nanoimprinting, soft lithography *In hình nanô còn gọi là khắc hình mềm* Kỹ thuật khắc hình bằng cách dùng khuôn có các chi tiết nanô và chất liệu khuôn hơi mềm (bằng vật liệu polyme) để in lên bề mặt với một loại mực in đặc biệt. Các phân tử trong mực in khi khô (do các phân tử tự sắp xếp) tạo thành lớp đơn tinh thể, từ đó làm ra linh kiện.

Nanomaterials *Vật liệu nanô* Bao gồm hạt nanô, lớp nanô, và nanô composit.

Nanopharmaceuticals *Dược nanô* Hạt kích từ nanô dùng để tác động lên sự vận chuyển thuốc khi đưa thuốc vào cơ thể.

Nanophase Carbon Materials *Vật liệu cacbon pha nanô* Pha mà cacbon có cấu trúc fulơren, ống nanô

Nanopore *Lỗ xốp nanô*

Nanoprobe *Đầu dò nanô*

Nanoreplicator *Máy nhân bản nanô*

Nanorods *Thanh nanô*

Nanoropes, Carbon Nanorods *Bó sợi nanocacbon*

Nanoscale *Thang nanô* Kích cỡ từ 1

- 100nm.

Nanosensor *Cảm biến nanô*

Nanosources *Nguồn sáng nanô* Nguồn phát ra ánh sáng từ thể tích cỡ nanô.

Nanostructure *Cấu trúc nanô* Hệ các nguyên tử, phân tử có cấu trúc xác định với kích thước thuộc thang nanô.

Nanosurgery *Giải phẫu nanô* Cách sửa chữa phân tử, giải phẫu tế bào.

Nanotechism *Công nghệ nanô chủ nghĩa* Một kiểu tín ngưỡng về công nghệ nanô, đối lập với khoa học nanô.

Nanoterrorism *Khủng bố nanô* Dùng các phương tiện phá hoại làm từ công nghệ nanô để khủng bố. Đây là mặt trái của công nghệ nanô.

NRAM - Nanotube-based nonvolatile RAM *NRAM - RAM không tự xoá trên cơ sở ống nanô.*

Polysilicon *Silic đa tinh* Đa tinh thể silic.

Positional controlled chemical synthesis *Tổng hợp hoá học điều khiển vị trí* Điều khiển các phản ứng hoá học bằng cách đặt các phân tử tham gia phản ứng vào đúng vị trí của chúng. Đây là một cách làm cơ bản của cách lắp ráp ở công nghệ nanô.

Quantum computer *Máy điện toán lượng tử* Máy điện toán làm việc theo những nguyên tắc của cơ lượng tử, thí dụ không phải phần tử cơ bản chỉ có hai trạng thái mà có thêm trạng thái chồng chất, có thêm quan hệ vướng mắc ... Hiện nay máy điện toán lượng tử mới đang ở giai đoạn thử nghiệm.

Quantum Confined Atoms (QCA) *Hệ lượng tử các nguyên tử bị kìm giữ* Các nguyên tử nằm trong tinh thể nanô. Do bị kìm giữ trong hố thế có thể tích nhỏ như vậy nên xuất hiện nhiều tính chất lượng tử.

Quantum Cryptography *Mật mã lượng tử* Kỹ thuật tạo mật mã, giải mật mã dựa theo những nguyên lý của cơ học lượng tử. Mới làm được một số thí nghiệm ở quy mô nhỏ.

Quantum Dots *Chấm lượng tử* Hạt bán dẫn kích thước cỡ nanomet, điện tử trong chấm lượng tử bị giam giữ trong không gian hạn chế theo cả ba chiều. Xuất hiện nhiều tính chất lượng tử đặc biệt như của nguyên tử; do đó còn gọi chấm lượng tử là siêu nguyên tử (superatom).

Quantum Tunneling *Xuyên hầm lượng tử* Điện tử có năng lượng thấp hơn hàng rào thế năng vẫn qua được hàng rào tựa như đào hầm để chui qua hàng rào. Đây là hiệu ứng lượng tử.

Quantum Well *Giếng lượng tử*

Quantum Wire *Dây lượng tử*

Qubit *Qubit, Bit lượng tử*

SAMFET - Self assembled monolayer field effect transistor *Tranzito trường chế tạo từ lớp đơn phân tử tự lắp ráp.* Một cách làm đặc trưng của công nghệ nanô, làm từ dưới lên: tạo ra lớp đơn phân tử tự lắp ráp và từ các phân tử làm ra các tranzito trường.

Scanning Capacitance Microscopy *Hiển vi điện dung quét* Hiển vi tạo ảnh nhờ tín hiệu điện dung trên bề mặt vật rắn.

Scanning Electron Microscopy (SEM) *Hiển vi điện tử quét* Hiển vi quét tia điện tử trên bề mặt mẫu và thu các tín hiệu từ mẫu phát ra để tạo tương phản ở ảnh.

Scanning Near Field Optical Microscopy (NSOM, SNOM) *Hiển vi quang học quét trường gần.* Hiển vi quét đầu dò trên bề mặt mẫu và đầu dò thu trường ánh sáng định xứ ở bề mặt mẫu (trường gần) để tạo ra ảnh. Năng suất phân giải có thể nhỏ hơn $\frac{\lambda}{2}$, vượt quá giới hạn của hiển vi quang học thông thường.

Scanning Tunneling Microscope *Kính hiển vi tunen* Kính hiển vi quét mũi nhọn trên bề mặt mẫu và đo dòng điện tunen, tức là dòng điện xuyên hầm qua lớp cách điện (chân không, không khí) giữa mũi nhọn và bề mặt mẫu, dùng dòng tunen để tạo ảnh. Là kính hiển vi đầu tiên tạo được ảnh từng nguyên tử trên bề mặt. Sáng tạo khoa học này được tặng giải Nobel.

Self - assembler *Máy tự lắp ráp* Máy sử dụng những phương pháp như làm khuôn, điều khiển để các phân tử tự lắp ráp, thực hiện được một chức năng nào đấy. Về nguyên tắc máy này không cần cung cấp năng lượng, không cần cung cấp thông tin từ ngoài mà tự nó tìm tòi năng lượng, xử lý thông tin, tạo ra sản phẩm.

Self repair *Tự sửa chữa* Nói về khả năng của các máy nanô nếu có gì trục trặc thì tự sửa chữa không cần can thiệp từ bên ngoài.

Self - replication *Tự nhân bản* Khả năng tự phát triển, cứ sau một chu kỳ nhất định thì tăng lên gấp đôi, cứ thế mãi. Còn nói cách khác là phát triển theo hàm mũ.

Single - walled carbon nanotube (SWNT) *Ống nanô cacbon một vách*

Shape Memory Alloys (SMA's) *Hợp kim nhớ hình* Hợp kim khi dùng chế tạo thành vật thì vật này có khả năng quay trở lại hình dạng ban đầu sau khi đã bị uốn cong,

làm biến dạng.

Smart Materials *Vật liệu thông minh* Vật liệu có nhiều khả năng, tính chất phức tạp nhờ có cài đặt các loại máy nanô, biết ứng xử tùy tình huống. Thí dụ bức tường có khả năng thay đổi màu sắc tùy thời tiết, tuỳ điều kiện sử dụng.

Spintronics *Spin điện tử học* Ngành của kỹ thuật điện tử chú trọng dùng từ trường để điều khiển spin điện tử. Ngành điện tử thông thường dùng điện trường để điều khiển điện tích của điện tử. Thí dụ thành tựu của spin điện tử học là bộ nhớ MRAM, đầu từ GMR.

Superlattice Nanowire Pattern (transfer) *Tạo kiểu hình dây nanô siêu mạng* Kỹ thuật để chế tạo mạch và mạng dây nanô mật độ siêu cao.

Superposition *Chồng chập* Hiện tượng trong cơ lượng tử, ở đấy một hệ đồng thời có nhiều trạng thái lượng tử.

Superlattices *Siêu mạng* Cấu trúc tuần hoàn có nhiều lớp, là mạng tinh thể nhân tạo có chu kỳ mạng lớn so với chu kỳ mạng ở tinh thể tự nhiên bình thường.

Supperlattice Nanowire *Dây nanô siêu mạng* Bó gồm nhiều dây nanô quấn xen nhau thành siêu mạng với vật liệu có thành phần và tính chất khác nhau.

Terraform *Tạo dựng giống như Trái Đất* Làm thay đổi các tính chất của hành tinh, sao cho ở đấy con người và các sinh vật khác trên trái đất sống được bình thường không cần có sự trợ giúp nào khác. Thí dụ ý tưởng làm biến đổi sao Kim, sao Mộc để cho người và sinh vật ở Trái Đất di cư lên được.

Thermal Noise *Nhiễu do nhiệt* Nguyên tử và phân tử luôn có dao động nhiệt khi ở nhiệt độ cao hơn không độ tuyệt đối. Nhiều lập luận cho là do dao động nhiệt nên có những dạng hoạt động của máy nanô là không thực hiện được.

Top Down Molding *Làm từ trên xuống* Khắc, đục... để từ khối to làm ra vật nhỏ trái ngược với cách làm từ dưới lên (Bottom up).

Tranzistor *Tranzito* Phần từ cơ bản của mạch tích hợp. Có hai loại tranzito: tranzito trường và tranzito lưỡng cực.

Tribology *Bôi trơn mài mòn* Khoa học nghiên cứu về ma sát, về mòn về bôi trơn các mặt tiếp xúc khi chuyển động.

Universal Assembler *Máy lắp ráp vạn năng* Máy có thể dùng các nguyên tử và phân tử làm nguyên liệu để làm ra hàng hoá tiêu thụ

mà không làm ô nhiễm môi trường.

Von Neumann Machine *Máy Von Neumann* Máy có khả năng lấy vật liệu xung quanh để tự sao chép mình. Xuất phát từ một ý tưởng của Von Neumann phát biểu năm 1966.

Wet Nanotechnology *Công nghệ nanô ướt* Công nghệ nanô dựa theo những kết quả nghiên cứu về hệ sinh vật, đa số các hiện tượng xảy ra trong chất lỏng, nổi bật là các kỹ thuật về di truyền, về enzim, về các bộ phận của tế bào, các kỹ thuật liên quan đến cấu trúc nanô.

Zeptosecond *Zeptôgiây* Thời gian bằng 10^{-21} giây. Các vận động trong hạt nhân xảy ra rất nhanh, phải có những xung điện từ với thời gian cỡ Zeptôgiây mới quan sát được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Vũ Đình Cự**. *Những tính chất galva - từ của vật liệu và các lớp nanô sắt từ*, Luận án TSKH (1967) và Luận án TS (1965) Đại học Tổng hợp Lômônôxôp, Matxcơva; Vật lý chất rắn NXB Khoa học và kỹ thuật 1997, Hà Nội.

2. **Nguyễn Xuân Chánh**. *Độ bền và biến dạng của màng mỏng*. Luận án TS (1965) Đại học Tổng hợp Khác-côp.

3. **Michael Wilson...** (và nhiều người khác). *Nanotechnology - Basic Science and Emerging Technologies* Chapman & Hall/CRC. 2002 (Ký hiệu Lt 2448/2003 ở Thư viện KHKT).

4. **Hari Singh Nalwa** (chủ biên) *Namostructured Materials and Nanotechnology* Academic Press, 2002. (Ký hiệu Lđ 1077/2003 ở Thư viện KHKT).

5. **K.Eric Drexler** *Nanosystems - Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation* John Wiley & Sons, Inc., 1992. (Ký hiệu Lt 2106/2002 ở Thư viện KHKT).

6. **B.C. Crandall**. *Nanotechnology - Molecular Speculations on Global Abundance* The MIT Press, 2000. (Ký hiệu Lv 680/2003 ở Thư viện KHKT).

7. **Hari Singh Nalwa** (chủ biên) *Handbook of Nanostructured Materials and Nanotechnology* (5 tập). Academy Press, 200. (Ký hiệu 1080, 1081, 1082, 1083, 1084/2003 ở Thư viện KHKT).

8. **Gregory S. Rohrer**. *Structure and Bonding in Crystalline Materials* Cambridge University Press, 2001. (Ký hiệu Lt 1103/2001 ở Thư viện KHKT).

9. **Zhong Lin Wang** (chủ biên) *Characterisation of Nanophase Materials*. Wiley - VCH, 2000. (Ký hiệu Lt 318/2003 ở Thư viện KHKT).

10. **Kazuyoshi Tanaka** (và những người khác). *The science and*

Technology of Carbon Nanotubes. Elesevier, 1999.

11. **Drexler, K Eric**. *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*. New York: Anchor Press, 1986.

12. **Gregory Timp**. *Nanotechnology*.AIP Press - Springer, 1998. (Ký hiệu Lt 2440/2003 ở Thư viện KHKT).

MỤC LỤC

Trang

Chương 3

CHẠY ĐUA VỀ CÔNG NGHỆ NANÔ

Chương 4

QUAN SÁT VÀ THAO TÁC NANÔ

Chương 5

VẬT LIỆU NANÔ

Chương 6

FULƠREN VÀ ỐNG NANÔ CACBON

Chương 7

NANÔ ĐIỆN TỬ

Chương 8

CÔNG NGHỆ NANÔ TRONG Y SINH HỌC

Chương 9

MEMS - HỆ VI ĐIỆN CƠ NHIỀU CHỨC NĂNG

Chương 10

CÔNG NGHỆ NANÔ PHÂN TỬ

VŨ ĐÌNH CỰ - NGUYỄN XUÂN CHÁNH

CÔNG NGHỆ NANÔ

ĐIỀU KHIỂN ĐẾN TỪNG PHÂN TỬ, NGUYÊN TỬ

Chịu trách nhiệm xuất bản: **PGS. TS. Tô Đăng Hải**

Biên tập: **Đặng Văn Sử**

Sửa bài: **Đặng Văn Sử**

Vẽ *bìa:* **Hương Lan**

$\frac{6-606}{\text{KHKT}-2004}$ 6 – 48, 25/3/2004

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 TRẦN HƯNG ĐẠO – HÀ NỘI